



DEUTSCHES
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: 198 18 444.1
22 Anmeldetag: 24. 4. 98
43 Offenlegungstag: 29. 10. 98

30 Unionspriorität:
19-123456 25. 04. 97 JP

71 Anmelder:
Nikon Corp., Tokio/Tokyo, JP

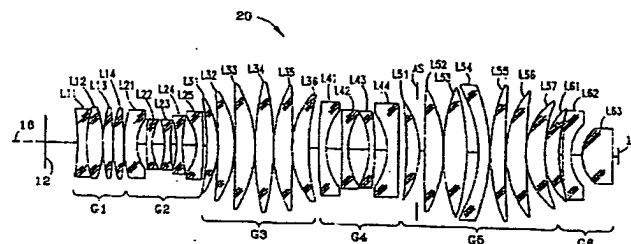
74 Vertreter:
Viering, Jentschura & Partner, 80538 München

72 Erfinder:
Yamaguchi, Kotaro, Tokio/Tokyo, JP; Hayashi,
Kiyoshi, Tokio/Tokyo, JP; Takahashi, Tomowaki,
Tokio/Tokyo, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Abbildungsoptik, Projektionsoptikvorrichtung und Projektionsbelichtungsverfahren

57 Abbildungsoptik, insbesondere eine dioptrische Hochleistungs-Verkleinerungs-Optikvorrichtung, sowie eine Projektionsoptikvorrichtung und ein Projektions-Belichtungsverfahren, bei dem diese verwendet werden. Die Abbildungsoptik weist sechs Linsengruppen auf und hat eine Anordnung mit positivem, negativem, positivem, negativem, positivem Brechwert. Die dritte und fünfte Linsengruppe hat jeweils einen insgesamt positiven Brechwert und weist mindestens drei Linsenbauteile mit positivem Brechwert auf. Die vierte Linsengruppe hat insgesamt einen negativen Brechwert und weist mindestens drei Linsenbauteile mit negativem Brechwert auf. Mindestens ein Linsenbauteil entweder in der vierten oder in der fünften Linsengruppe weist mindestens eine asphärische Oberfläche auf. Die Abbildungsoptik erfüllt vorzugsweise mindestens eine aus einer Anzahl von Konstruktionsbedingungen.



Die Erfindung betrifft eine Abbildungsoptik und eine Projektionsoptikvorrichtung, insbesondere eine dioptrische Hochleistungs-Verkleinerungs-Abbildungsoptik, sowie ein Projektionsbelichtungsverfahren, bei dem diese verwendet werden.

Da der Maßstab der Integrierung (d. h. die Mikrominiaturisierung) von integrierten Schaltkreisen und anderen elektronischen Vorrichtungen (z. B. Flüssigkristallanzeigen) zunimmt, sind die Leistungsanforderungen an Projektionsoptikvorrichtungen größer geworden. Der bevorzugte Weg, diesen Anforderungen gerecht zu werden, besteht darin, die numerische Apertur der Abbildungsoptik (des Abbildungsoptiksystems) zu erhöhen und die Wellenlänge des in der Projektionsoptikvorrichtung verwendeten Lichts zu verringern.

Das Vergrößern der numerischen Apertur der Abbildungsoptik stellt wegen der Schwierigkeit, Aberrationen zu korrigieren, eine große Herausforderung bei der Linsengestaltung dar, insbesondere wenn die Belichtungsfläche relativ groß sein muß. Ein Weg, das geeignete Ausmaß an Aberrationskorrektur zu erreichen besteht in der Verwendung von asphärischen Linsenbauteile. Asphärische Linsenbauteile führen außerdem zu einer Reduzierung der Anzahl der Linsenbauteile in der Abbildungsoptik, wodurch die Transmission erhöht und die Linse leichter gemacht wird. Die in den Patentanmeldungen JP 1-315709, JP 5-34593 und 7-128592 offenbarten Aaen verwenden asphärische Oberflächen, die numerische Apertur und die Belichtungsfläche sind jedoch nicht ausreichend groß.

Die Erfindung betrifft eine Abbildungsoptik, insbesondere eine dioptrische Hochleistungs-Verkleinerungs-Abbildungsoptik, sowie ein Projektionsbelichtungsverfahren, bei dem diese verwendet wird.

Gemäß einem Aspekt der Erfindung wird eine Abbildungsoptik vorgeschlagen, die eine Objektebene und eine Bildebene hat und die vom Objekt zum Bild sechs Linsengruppen aufweist. Die erste Linsengruppe hat einen positiven Brechwert. Die zweite Linsengruppe hat einen negativen Brechwert. Die dritte Linsengruppe hat einen positiven Brechwert und weist mindestens drei Linsenbauteile mit positivem Brechwert auf. Die vierte Linsengruppe hat insgesamt einen negativen Brechwert und weist mindestens drei Linsenbauteile mit negativem Brechwert auf. Die fünfte Linsengruppe hat einen positiven Brechwert und weist mindestens drei Linsenbauteile mit positivem Brechwert auf. Die sechste Linsengruppe hat einen positiven Brechwert. Ferner weist mindestens ein Linsenbauteil entweder in der vierten oder in der fünften Linsengruppe mindestens eine asphärische Oberfläche auf.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung erfüllt die oben beschriebene Abbildungsoptik eine oder mehrere der folgenden Bedingungen:

- 0,1 < f_1/f_3 < 15
- 0,05 < f_2/f_4 < 6
- 0,01 < f_5/L < 1,2
- 0,02 < f_6/L < 1,8
- 0,3 < f_4/L < -0,005
- 0,5 < f_2/L < -0,005.

Gemäß einem anderen Aspekt der Erfindung wird eine Projektionsoptikvorrichtung geschaffen, die eine oben beschriebene Abbildungsoptik aufweist. Die Projektionsoptikvorrichtung weist ferner einen Maskenhalter auf, von dem eine Maske (Schablone, Zielmarkierung, reticle) in der oder nahe der Objektebene der Abbildungsoptik haltbar ist. Eine Beleuchtungsquelle ist dem Maskenhalter benachbart auf der der Abbildungsoptik abgewandten Seite angeordnet. Die Projektionsoptikvorrichtung weist ferner einen Werkstückhalter auf, der benachbart der Abbildungsoptik an deren der Bildebene zugewandter Seite angeordnet ist. Der Werkstückhalter ist derart ausgebildet, daß davon ein Werkstück in der oder nahe der Bildebene der Abbildungsoptik haltbar ist.

Die Erfindung wird unter Bezugnahme auf die Zeichnung beschrieben. In der Zeichnung ist:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Projektionsoptikvorrichtung;
- Fig. 2 eine optische Darstellung einer ersten Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 3a-3d Kurvendarstellungen der seitlichen chromatischen Aberration (tangential und sagittal) bei unterschiedlichen Feldhöhen Y für die erste Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 3e-3g Kurvendarstellungen der sphärischen Aberration, des Astigmatismus bzw. der Verzeichnung für die erste Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 4 eine optische Darstellung einer zweiten Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 5a-5d Kurvendarstellungen der seitlichen chromatischen Aberration (tangential und sagittal) bei unterschiedlichen Feldhöhen Y für die zweite Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 5e-5g Kurvendarstellungen der sphärischen Aberration, des Astigmatismus bzw. der Verzeichnung für die zweite Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 6 eine optische Darstellung einer dritten Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 7a-7d Kurvendarstellungen der seitlichen chromatischen Aberration (tangential und sagittal) bei unterschiedlichen Feldhöhen Y für die dritte Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 7e-7g Kurvendarstellungen der sphärischen Aberration, des Astigmatismus bzw. der Verzeichnung für die dritte Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 8 eine optische Darstellung einer vierten Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 9a-9d Kurvendarstellungen der seitlichen chromatischen Aberration (tangential und sagittal) bei unterschiedlichen Feldhöhen Y für die vierte Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 9e-9g Kurvendarstellungen der sphärischen Aberration, des Astigmatismus bzw. der Verzeichnung für die vierte Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 10 eine optische Darstellung einer fünften Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 11a-11d Kurvendarstellungen der seitlichen chromatischen Aberration (tangential und sagittal) bei unterschied-

lichen Feldhöhen Y für die fünfte Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 11e-11g Kurvendarstellungen der sphärischen Aberration, des Astigmatismus bzw. der Verzeichnung für die fünfte Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 12 eine optische Darstellung einer sechsten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 13a-13d Kurvendarstellungen der seitlichen chromatischen Aberration (tangential und sagittal) bei unterschiedlichen Feldhöhen Y für die sechste Ausführungsform der Erfindung; 5

Fig. 13e-13h Kurvendarstellungen der sphärischen Aberration, des Astigmatismus bzw. der Verzeichnung für die sechste Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 14 eine optische Darstellung einer siebten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 15a-15d Kurvendarstellungen der seitlichen chromatischen Aberration (tangential und sagittal) bei unterschiedlichen Feldhöhen Y für die siebte Ausführungsform der Erfindung; 10

Fig. 15e-15h Kurvendarstellungen der sphärischen Aberration, des Astigmatismus bzw. der Verzeichnung für die siebte Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 16 eine optische Darstellung einer achten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 17a-17d Kurvendarstellungen der seitlichen chromatischen Aberration (tangential und sagittal) bei unterschiedlichen Feldhöhen Y für die achte Ausführungsform der Erfindung; 15

Fig. 17e-17h Kurvendarstellungen der sphärischen Aberration, des Astigmatismus bzw. der Verzeichnung für die achte Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 18 eine optische Darstellung einer neunten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 19a-19d Kurvendarstellungen der seitlichen chromatischen Aberration (tangential und sagittal) bei unterschiedlichen Feldhöhen Y für die neunte Ausführungsform der Erfindung; und 20

Fig. 19e-19h Kurvendarstellungen der sphärischen Aberration, des Astigmatismus bzw. der Verzeichnung für die neunte Ausführungsform der Erfindung.

Die Erfindung betrifft eine Abbildungsoptik und eine Projektionsoptikvorrichtung sowie ein diese verwendendes Projektionsbelichtungsverfahren, und insbesondere eine dioptrische Hochleistungs- Verkleinerungs- Abbildungsoptik geeignet für ultraviolette und tief-ultraviolette Photolithographie, sowie eine diese verwendende Projektionsoptikvorrichtung und ein Projektionsbelichtungsverfahren. 25

Es wird Bezug auf Fig. 1 genommen. Eine Projektionsoptikvorrichtung 10 weist eine Abbildungsoptik PL mit einer Objektebene 12, einer Bildebene 14, einer optischen Achse 16 und eine Aperturblende AS auf. Eine Maske B ist in der oder nahe der Objektebene 12 angeordnet. Die Maske B ist typischerweise ein transparentes Substrat, wie etwa Quarzglas, und weist kleine Markierungen auf (d. h. im Mikrometer- oder Sub-Mikrometer-Bereich). Die Maske B wird von einem Maskenhalter RS in Position gehalten bzw. in die Position in der oder nahe der Objektebene bewegt. Auf der optischen Achse 16 ist benachbart der Maske B auf der der Abbildungsoptik PL abgewandten Seite eine Beleuchtungsvorrichtung IS angeordnet. Das Beleuchtungssystem IS ist derart gestaltet, daß es gleichmäßig die Maske B beleuchten kann und bei entfernter Maske ein Quellbild an der Aperturblende AS bildet (d. h. Kohler Beleuchtung). Ein Werkstück W, wie etwa ein mit Photoresist beschichteter Siliziumwafer ist auf der optischen Achse 16 in der oder nahe der Bildebene 14 angeordnet. Das Werkstück W wird von einem Werkstückhalter WS in Position gehalten bzw. in die Position bewegt. 30

Um das Werkstück W mit der Projektionsoptikvorrichtung 10 mit Mustern zu versehen, werden die Maske B und das Werkstück W mittels des Maskenhalters RS bzw. des Werkstückhalters WS in eine exakt zueinander ausgerichtete Anordnung bewegt. Die Maske B wird dann von der Beleuchtungsvorrichtung IS für eine bestimmte Zeitspanne beleuchtet. Eine Bild der Maskenmarkierungen wird über die Abbildungsoptik PL auf einem Belichtungsfeld EF auf das Werkstück W projiziert. Der Werkstückhalter WS wird dann um ein Inkrement bewegt und eine weitere Belichtung des Werkstücks W wird ausgeführt. Dieser Ablauf wird wiederholt, bis eine gewünschte Fläche des Werkstücks W belichtet ist. 35

Kern der Projektionsoptikvorrichtung 10 ist die Abbildungsoptik PL. Es wird Bezug auf Fig. 2 genommen, aus der ein Beispiel für eine Abbildungsoptik 20 ersichtlich ist. Die erfindungsgemäße Abbildungsoptik weist von der Objektebene zur Bildebene eine erste Linsengruppe G1 mit einem positiven Brechwert, eine zweite Linsengruppe G2 mit einem negativen Brechwert, eine dritte Linsengruppe G3 mit einem positiven Brechwert, eine vierte Linsengruppe G4 mit einem negativen Brechwert, eine fünfte Linsengruppe G5 mit einem positiven Brechwert und eine sechste Linsengruppe G6 mit einem positiven Brechwert auf. 40

Die erste Linsengruppe G1 trägt hauptsächlich zu der Korrektur von Verzeichnung bei, während Telezentrie aufrechterhalten wird. Die erste Linsengruppe G1 korrigiert ferner die negative Verzeichnung, die von den Linsengruppen erzeugt wird. Die zweite Linsengruppe G2 und die dritte Linsengruppe G3 bilden ein Umkehr-Teleobjektiv-System und tragen zu einer Verkürzung der Gesamtlänge der Abbildungsoptik bei. Die Erfindung verwendet ferner in der dritten Linsengruppe G3 drei oder mehr Linsen mit einem positiven Brechwert, um einen von der dritten Linsengruppe G3 erzeugten Asymmetriefehler (Koma, coma) zu berichtigen. 45

Ferner tragen die zweite Linsengruppe G2 und die vierte Linsengruppe G4 hauptsächlich zu der Korrektur der Petzval-Summe (Petzval-Krümmung) bei und bewirken dadurch eine Abflachung der Bildebene. Insbesondere werden in der vierten Linsengruppe G4 drei oder mehr Linsen mit einem negativen Brechwert verwendet, so daß die Petzval-Summe null erreicht. Die fünfte Linsengruppe G5 und die sechste Linsengruppe G6 korrigieren die negative Verzeichnung und tragen dazu bei, die von der vergrößerten numerischen Apertur auf der Bildebenenseite herrührende sphärische Aberration zu korrigieren. In der fünften Linsengruppe G5 werden zum Korrigieren der sphärischen Aberration drei oder mehr Linsen mit positivem Brechwert verwendet. 50

Ferner können erfindungsgemäß Aberrationen bezüglich des Feldwinkels, die bei optischen Systemen mit großer numerischer Apertur, die nur sphärische Linsen aufweisen, problematisch werden können (insbesondere Koma in sagittaler Richtung), korrigiert werden, indem in der vierten Linsengruppe G4 eine asphärische Oberfläche vorgesehen wird. Insbesondere wird es bevorzugt, eine asphärische konkave Oberfläche vorzusehen, die den Brechwert des einzelnen Linsenbauteils in der Nähe der optischen Achse abschwächt. 55

Ferner können durch Vorsehen einer asphärischen Oberfläche in der fünften Linsengruppe G5 große mit der numeri-

- schen Apertur zusammenhängende Aberrationen, insbesondere sphärische Aberrationen höherer Ordnung, korrigiert werden. Das gleiche Ergebnis wird durch die Verwendung einer asphärischen Oberfläche in der vierten Linsengruppe G4 erreicht, falls die Oberfläche nah genug an der Bildebene ist. Falls in diesem Fall die asphärische Oberfläche eine konvexe Oberfläche ist, schwächt sie den Brechwert des einzelnen Linsenbauteils in der Nähe der optischen Achse 16 ab.
- 5 Falls die asphärische Oberfläche konkav ist, verstärkt sie den Brechwert des einzelnen Linsenbauteils in der Nähe der optischen Achse 16. Mit anderen Worten wird es, damit die erfindungsgemäße Abbildungsoptik eine große numerische Apertur und einen großen Belichtungsbereich hat, im Hinblick auf die Aberrationskorrektur bevorzugt, daß zumindest ein Linsenbauteil entweder in der vierten Linsengruppe G4 oder in der fünften Linsengruppe G5 mindestens eine asphärische Oberfläche aufweist.
- 10 Ferner wird eine wirksame Aberrationskorrektur erreicht, selbst wenn eine asphärische Oberfläche in einer anderen Linsengruppe als der vierten Linsengruppe G4 oder der fünften Linsengruppe G5 vorgesehen ist. Zum Beispiel kann Verzeichnung korrigiert werden, indem eine asphärische Oberfläche in der ersten Linsengruppe G1 vorgesehen ist. Außerdem können Eintrittspupillen-Aberrationen (d. h. Schwankungen der Eintrittspupillenposition in Funktion Bildhöhe) vermindert werden, indem eine asphärische Oberfläche (Linsenfläche) in der zweiten Linsengruppe G2 vorgesehen ist.
- 15 Ferner kann Koma korrigiert werden, indem eine asphärische Oberfläche in der dritten Linsengruppe G3 oder in der sechsten Linsengruppe G6 vorgesehen ist. Selbst wenn einige der Optikbauteile der oben beschriebenen Linsengruppen keinen Brechwert haben, z. B. parallele Platten sind, kann eine befriedigende Aberrationskorrektur erreicht werden, indem diese asphärisch gestaltet werden.

Erfindungsgemäß werden bevorzugt eine oder mehrere der folgenden Konstruktionsbedingungen eingehalten:

- 20 $0,1 < f_1/f_3 < 15$ (1)
- $0,05 < f_2/f_4 < 6$ (2)
- 25 $0,01 < f_3/L < 1,2$ (3)
- $0,02 < f_6/L < 1,8$ (4)

wobei f_1 die Brennweite der ersten Linsengruppe ist, f_2 die Brennweite der zweiten Linsengruppe ist, f_3 die Brennweite der dritten Linsengruppe ist, f_4 die Brennweite der vierten Linsengruppe ist, f_5 die Brennweite der fünften Linsengruppe ist, f_6 die Brennweite der sechsten Linsengruppe ist, und L der Abstand von der Objektebene 12 zu der Bildebene 14, d. h. die Gesamtlänge ist (vgl. z. B. Fig. 2).

Bedingung (1) setzt das optimale Verhältnis der Brennweite f_1 der ersten Linsengruppe G1 zu der Brennweite f_3 der dritten Linsengruppe G3 fest. Diese Bedingung dient hauptsächlich dem Zweck des Ausgleichens von Verzeichnung.

35 Falls f_1/f_2 in der Bedingung (1) unter den unteren Grenzwert fällt, wird infolge der relativen Abschwächung der Brechzahl der dritten Linsengruppe G3 im Verhältnis zu der Brechzahl der ersten Linsengruppe G1 eine starke negative Verzeichnung erzeugt. Ferner wird, falls f_1/f_2 in der Bedingung (1) den oberen Grenzwert übersteigt, infolge der relativen Abschwächung der Brechzahl der ersten Linsengruppe G1 im Verhältnis zu der Brechzahl der dritten Linsengruppe G3 eine starke negative Verzeichnung erzeugt.

40 Bedingung (2) setzt das optimale Verhältnis der Brennweite f_2 der zweiten Linsengruppe G2 mit einem negativen Brechwert zu der Brennweite f_4 der vierten Linsengruppe G4 mit einem negativen Brechwert fest. Diese Bedingung dient hauptsächlich dem Zweck des Reduzierens der Petzval-Summe (nahezu auf null). Falls f_2/f_4 in der Bedingung (2) unter den unteren Grenzwert fällt, wird infolge der relativen Abschwächung der Brechzahl der vierten Linsengruppe G4 im Verhältnis zu der Brechzahl der zweiten Linsengruppe G2 eine große positive Petzval-Summe erzeugt. Ferner wird,

45 falls f_2/f_4 in der Bedingung (2) den oberen Grenzwert übersteigt, infolge der relativen Abschwächung der Brechzahl der zweiten Linsengruppe G2 im Verhältnis zu der Brechzahl der vierten Linsengruppe G4 eine große positive Petzval-Summe erzeugt.

Bedingung (3) setzt den optimalen Brechwert der fünften Linsengruppe G5 fest. Diese Bedingung dient dem Zweck der Korrektur von sphärischer Aberration, Verzeichnung und Petzval-Summe, während eine große numerische Apertur aufrechterhalten wird. Falls f_3/L in der Bedingung (3) unter den unteren Grenzwert fällt, wird der Brechwert der fünften Linsengruppe G5 extrem groß. Dies führt dazu, daß eine negative Verzeichnung und ein großes Maß an negativer sphärischer Aberration erzeugt werden. Falls f_3/L in der Bedingung (3) den oberen Grenzwert übersteigt, wird der Brechwert der fünften Linsengruppe G5 extrem gering. Infolgedessen wird der Brechwert der vierten Linsengruppe G4 abgeschwächt und die Petzval-Summe bleibt groß.

55 Bedingung (4) setzt den optimalen Brechwert der sechsten Linsengruppe G6 fest. Diese Bedingung dient dem Zweck des Unterdrückens der Erzeugung sphärischer Aberration höherer Ordnung und negativer Verzeichnung, während eine große numerische Apertur aufrechterhalten wird. Falls f_6/L in der Bedingung (4) unter den unteren Grenzwert fällt, wird eine große negative Verzeichnung erzeugt. Falls f_6/L in der Bedingung (4) den oberen Grenzwert übersteigt, wird in nicht wünschenswertem Ausmaß eine sphärische Aberration höherer Ordnung erzeugt.

60 Ferner erfüllt vorzugsweise die vierte Linsengruppe G4 die folgende Bedingung:

$$-0,3 < f_4/L < -0,005 \quad (5)$$

65 Bedingung (5) setzt den optimalen Brechwert der vierten Linsengruppe G4 fest. Falls f_4/L in der Bedingung (5) unter den unteren Grenzwert fällt, wird die Korrektur sphärischer Aberration schwierig. Falls f_4/L in der Bedingung (5) den oberen Grenzwert übersteigt, wird in nicht wünschenswertem Ausmaß Koma erzeugt. Um die Korrektur der sphärischen Aberration und der Petzval-Summe sicherzustellen, wird der untere Grenzwert der Bedingung (5) vorzugsweise auf $-0,078$ festgesetzt. Um die Erzeugung von Koma zu unterdrücken, wird ferner vorzugsweise der obere Grenzwert der

Bedingung (5) auf $-0,047$ festgesetzt.

Ferner erfüllt vorzugsweise die zweite Linsengruppe G2 die folgende Bedingung:

$$-0,5 < f_2/L < -0,005 \quad (6)$$

Bedingung (6) setzt den optimalen Brechwert der zweiten Linsengruppe G2 fest. Falls f_2/L in der Bedingung (6) unter den unteren Grenzwert fällt, nimmt die Petzval-Summe einen hohen positiven Wert an. Falls f_2/L in der Bedingung (6) den oberen Grenzwert übersteigt, kommt es zu einer negativen Verzeichnung. Um die Korrektur der Petzval-Summe noch stärker sicherzustellen, wird der untere Grenzwert der Bedingung (6) vorzugsweise auf $-0,16$ festgesetzt. Um die Erzeugung von negativer Verzeichnung und Koma zu unterdrücken, wird ferner vorzugsweise der obere Grenzwert der Bedingung (6) auf $-0,0710$ festgesetzt.

Um die Petzval-Summe und die Verzeichnung zu korrigieren, weist ferner vorzugsweise die zweite Linsengruppe G2 drei Linsen auf, die jeweils einen negativen Brechwert aufweisen, und wird die folgende Bedingung erfüllt:

$$-0,3 < f_2n/L < 0,01 \quad (7)$$

wobei f_2n die zusammengesetzte Brennweite von der dritten Linse L23 bis zu der fünften Linse L25 in der zweiten Linsengruppe G2 ist (vgl. Fig. 2). Falls f_2n/L in der Bedingung (7) unter den unteren Grenzwert fällt, nimmt die Petzval-Summe einen hohen positiven Wert an. Falls f_2n/L in der Bedingung (7) den oberen Grenzwert übersteigt, kommt es zu einer negativen Verzeichnung.

Ferner weist vorzugsweise die fünfte Linsengruppe G5 ein Negativ-Meniskus-Linsenbauteil auf, das folgende Bedingung erfüllt:

$$0,1 < |R_5n|/L < 0,5 \quad (8)$$

wobei R_5n der Krümmungsradius der konkaven Oberfläche der Negativ-Meniskus-Linse L54 in der fünften Linsengruppe G5 ist (vgl. Fig. 2). Indem mindestens ein Linsenbauteil mit negativem Meniskus in der fünften Linsengruppe G5 vorgesehen ist, können sphärische Aberrationen höherer Ordnung, die mit einer großen numerischen Apertur verbunden sind, korrigiert werden. Falls $|R_5n|/L$ in der Bedingung (8) unter den unteren Grenzwert fällt, kommt es in großem Maß zur "überkorrigierenden" sphärischen Aberration. Falls $|R_5n|/L$ in der Bedingung (8) den oberen Grenzwert übersteigt, kommt es in großem Maß zu einer "unterkorrigierenden" sphärischen Aberration. Um die Korrektur von sphärischer Aberration sicherzustellen, wird bevorzugt der obere Grenzwert der Bedingung (8) auf $0,3$ festgesetzt und der untere Grenzwert der Bedingung (8) auf $0,15$ festgesetzt.

Ferner weist vorzugsweise die sechste Linsengruppe G6 ein Negativ-Meniskus-Linsenbauteil auf, das folgende Bedingung erfüllt:

$$0,03 < |R_6n|/L < 0,15 \quad (9)$$

wobei R_6n der Krümmungsradius der konkaven Oberfläche der Negativ-Meniskus-Linse L62 in der sechsten Linsengruppe G6 ist (vgl. Fig. 2). Indem mindestens eine Linse mit negativem Meniskus in der sechsten Linsengruppe G6 vorgesehen ist, können negative sphärische Aberrationen und negative Verzeichnung, die von der positiven Linse L63 in der sechsten Linsengruppe G6 erzeugt werden, korrigiert werden. Falls $|R_6n|/L$ in der Bedingung (9) unter den unteren Grenzwert fällt, wird die Korrektur sowohl von Verzeichnung als auch von sphärischer Aberration schwierig. Falls $|R_6n|/L$ in der Bedingung (9) den oberen Grenzwert übersteigt, kommt es in großem Maß zu einer Erzeugung von Koma. Um die Korrektur dieser Aberrationen sicherzustellen, wird bevorzugt der untere Grenzwert der Bedingung (9) auf $0,05$ festgesetzt.

Ferner weist vorzugsweise die erste Linsengruppe G1 ein Linsenbauteil mit negativem Brechwert auf, das folgende Bedingung erfüllt:

$$0,1 < |R_1n|/L < 0,5 \quad (10)$$

wobei R_1n der Krümmungsradius auf der der Bildebene zugewandten Seite der Linse L11 mit negativem Brechwert in der ersten Linsengruppe G1 ist (vgl. Fig. 2). Falls $|R_1n|/L$ in der Bedingung (10) unter den unteren Grenzwert fällt, wird eine starke negative Verzeichnung erzeugt. Falls $|R_1n|/L$ in der Bedingung (10) den oberen Grenzwert übersteigt, wird die Korrektur von Feldkrümmung schwierig.

Die Ausführungsformen eins bis neun der Erfindung sind detailliert aus den Tabellen 1a, b, c bis 9a, b, c sowie den Fig. 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 und 18 zusammen mit den dazugehörigen Aberrationskurvendarstellungen (Fig. 3a-g, 5a-g, 7a-g, 9a-g, 11a-g, 13a-h, 15a-h, 17a-h und 19a-h) ersichtlich. In den Aberrationskurven für Astigmatismus (Fig. 3f, 5f, 7f, 9f, 11f, 13g, 15g, 17g und 19g) stellt die durchgezogene Linie S die sagittale Bildebene und die gestrichelte Linie M die meridionale Bildebene dar.

In den unten dargestellten Figuren und Tabellen werden zusätzlich zu den in den obigen Bedingungen und Gleichungen erwähnten die folgenden Variablen verwendet:

n = Brechungsindex bei $248,4$ nm;

S = Oberflächenzahl;

r = Krümmungsradius einer Linsenbauteiloberfläche, die bei einem positiven Wert das Krümmungszentrum rechts von der Linsenoberfläche hat;

d = Abstand zwischen benachbarten Linsenoberflächen;

Y = Feldhöhe.

Ferner wird eine asphärische Oberfläche mittels der folgenden Gleichung beschrieben, wobei

$$S(y) = (cy^2)/(1+(1-(1+\kappa)c^2y^2)^{1/2}) + Ay^4 + By^6 + Cy^8 + Dy^{10} + Ey^{12} + Fy^{14} + Gy^{16} \text{ [eq. 9]}$$

5 wobei

κ = konische Konstante;

$S(y)$ = sag der optischen Oberfläche bei der Höhe y ; und

A-G = Asphärenkoeffizienten sind.

10 Die Daten der asphärischen Oberflächen sind in den Tabellen 1b-9b dargestellt. Ferner wird die Richtung vom Objekt zum Bild hin positiv gezählt.

Erste Ausführungsform

Die Abbildungsoptik 20 gemäß Fig. 2 ist die erste Ausführungsform und weist von der Objektebene 12 zu der Bildebene 14 eine erste Linsengruppe G1 mit einem bikonvexen Linsenbauteil L11, einem bikonvexen Linsenbauteil L12, einem bikonvexen Linsenbauteil L13 und einem bikonvexen Linsenbauteil L14 auf. Es folgt eine zweite Linsengruppe G2, die ein Linsenbauteil L21 mit Negativ-Meniskus, das objektseitig eine konvexe Oberfläche aufweist, ein Linsenbauteil L22 mit Negativ-Meniskus, das objektseitig eine konvexe Oberfläche aufweist, ein bikonkaves Linsenbauteil L23, ein bikonkaves Linsenbauteil L24 und ein Linsenbauteil L25 mit Negativ-Meniskus aufweist, das objektseitig eine konvexe Oberfläche aufweist. Es folgt eine dritte Linsengruppe G3, die ein Linsenbauteil L31 mit Positiv-Meniskus, das objektseitig eine konkave Oberfläche aufweist, ein Linsenbauteil L32 mit Positiv-Meniskus, das objektseitig eine konkave Oberfläche aufweist, ein Linsenbauteil L33 mit Positiv-Meniskus, das objektseitig eine konkave Oberfläche aufweist, ein bikonvexes Linsenbauteil L34, ein bikonvexes Linsenbauteil L35 und ein Linsenbauteil L36 mit Positiv-Meniskus aufweist, das objektseitig eine konvexe Oberfläche aufweist. Es folgt eine vierte Linsengruppe G4, die ein Linsenbauteil L41 mit Negativ-Meniskus, das objektseitig eine konvexe Oberfläche aufweist, ein bikonkaves Linsenbauteil L42, ein Linsenbauteil L43 mit Negativ-Meniskus, das objektseitig eine konkave Oberfläche aufweist, und ein Linsenbauteil L44 mit Negativ-Meniskus aufweist, das objektseitig eine konkave Oberfläche aufweist. Es folgt eine fünfte Linsengruppe G5, die ein Linsenbauteil L51 mit Positiv-Meniskus, das objektseitig eine konkave Oberfläche aufweist, ein bikonvexes Linsenbauteil L52, ein bikonvexes Linsenbauteil L53, ein Linsenbauteil L54 mit Negativ-Meniskus, das objektseitig eine konkave Oberfläche aufweist, ein Linsenbauteil L55 mit Positiv-Meniskus, das objektseitig eine konvexe Oberfläche aufweist, ein Linsenbauteil L56 mit Positiv-Meniskus, das objektseitig eine konvexe Oberfläche aufweist und ein Linsenbauteil L57 mit Positiv-Meniskus aufweist, das objektseitig eine konvexe Oberfläche aufweist. Es folgt eine sechste Linsengruppe G6, die ein Linsenbauteil L61 mit Positiv-Meniskus, das objektseitig eine konvexe Oberfläche aufweist, ein Linsenbauteil L62 mit Negativ-Meniskus, das objektseitig eine konvexe Oberfläche aufweist, und ein Linsenbauteil L63 mit Positiv-Meniskus aufweist, das objektseitig eine konvexe Oberfläche aufweist. Die Aperturblende AS ist zwischen den Linsenbauteilen L51 und L52 in der fünften Linsengruppe angeordnet.

In der Abbildungsoptik 20 gemäß Fig. 2 beträgt die numerische Apertur 0,75, die Vergrößerung 1/4, L beträgt 1200, die Entfernung auf der Achse von der Objektebene 12 bis zu der am weitesten objektseitigen Oberfläche des Linsenbauteils L11 beträgt 60,0, der Brennpunkt Abstand von der Linsenrückseite beträgt 12,805970 und die maximale Bildhöhe beträgt 14,5.

Tabelle 1a

S	r	d	n	Gruppe	
1	-552.07638	18.000000	1.50839	G1	5
2	265.90878	3.120094			
3	303.56674	25.392455	1.50839		10
4	-350.79337	0.500000			
5	290.31959	23.811936	1.50839		
6	-624.97721	0.500000			15
7	312.56146	21.494338	1.50839		
8	-797.18857	0.500000			20
9	261.54552	29.172376	1.50839	G2	
10	125.42248	18.785131			
11	624.94963	13.000000	1.50839		25
12	168.74192	19.573060			
13	-425.29079	13.000000	1.50839		30
14	305.76133	20.876454			
15	-199.33811	13.000000	1.50839		35
16	856.47160	28.817472			
17	-133.88550	13.515883	1.50839		
18	-1224.09463	12.256929			40
19	-424.87732	25.795588	1.50839	G3	
20	-190.54844	1.165877			
21	-1188.77588	34.579068	1.50839		45
22	-245.12631	0.500000			
23	-17375.73600	39.303374	1.50839		50
24	-300.00000	0.500000			
25	619.48904	39.230416	1.50839		55
26	-600.00000	0.500000			
27	333.78553	38.548189	1.50839		
28	-3403.39561	0.834915			60
29	200.00000	35.678083	1.50839		
30	595.18114	18.729269			65
31	1345.40672	15.064622	1.50839	G4	

	S	r	d	n	Gruppe
5	32	150.40751	33.085337		
	33	-2376.89219	13.177083	1.50839	
	34	153.73077	46.252835		
10	35	-154.61578	13.177083	1.50839	
	36	-693.63984	27.484948		
15	37	-151.27474	23.185494	1.50839	
	38	-41891.41764	18.186222		
20	39	-780.08694	25.875000	1.50839	G5
	40	-216.11014	2.191161		
	41	0.00000	12.650000		
25	42	11593.32693	39.563021	1.50839	
	43	-286.19552	0.500000		
30	44	449.04044	49.373870	1.50839	
	45	-449.10638	19.592109		
	46	-285.87741	21.961806	1.50839	
35	47	-400.00000	4.525940		
	48	404.59626	28.919442	1.50839	
40	49	2500.00000	3.401017		
	50	278.77327	34.590495	1.50839	
	51	1210.33063	0.500000		
45	52	161.00000	37.613837	1.50839	
	53	344.55156	1.726253		
50	54	149.63156	28.524224	1.50839	G6
	55	292.14056	9.604067		
55	56	550.00000	13.000000	1.50839	
	57	88.88938	27.500000		
	58	85.56699	65.287238	1.50839	
60	59	492.74526			

Tabelle 1b

Daten der asphärischen Oberfläche

S34	$\kappa = 0.090293$	$A = -.697976E-08$	$B = -.581783E-12$	$C = -.238374E-16$
///	$D = -.634191E-21$			
S39	$\kappa = 4.380884$	$A = -.197323E-08$	$B = 0.451378E-13$	$C = -.151975E-17$
///	$D = 0.174755E-21$	$E = -.741606E-26$	$F = 0.143029E-30$	$G = -.390455E-36$

Tabelle 1c

Konstruktionsparameter

Parameter	Wert
f_1/f_2	1.622
f_2/f_4	0.960
f_3/L	0.116
f_4/L	0.351
f_5/L	-0.050
f_2/L	-0.048
$f_2 n/L$	-0.093
$ R_3 n /L$	0.238
$ R_6 n /L$	0.074
$ R_1 n /L$	0.222

Wie aus den Aberrationskurven gemäß Fig. 3a-3g ersichtlich ist, ist die Anordnung gemäß dieser Ausführungsform hinsichtlich Aberrationen gut korrigiert und geeignet, das der Erfindung zugrundeliegende Problem zu beseitigen.

Zweite Ausführungsform

Die Abbildungsoptik 40 gemäß Fig. 4 ist die zweite Ausführungsform und weist die gleiche Anzahl und den gleichen Typ von Linsenbauteilen auf wie oben in Verbindung mit der Abbildungsoptik 20 gemäß der ersten Ausführungsform beschrieben. Bei der Abbildungsoptik 40 gemäß Fig. 4 beträgt die numerische Apertur 0,75, die Vergrößerung 1/4, L beträgt 1200, der Abstand auf der Achse von der Objektebene 12 bis zu der am weitesten objektseitigen Oberfläche des Linsenbauteils L11 beträgt 60,0, der Brennpunkt Abstand von der Linsenrückseite beträgt 14,728158 und die maximale Bildhöhe beträgt 14,5.

Tabelle 2a

S	r	d	n	Gruppe
1	-417.40181	18.000000	1.50839	G1
2	294.54444	3.333675		
3	334.45870	24.993761	1.50839	
4	-339.46258	0.500000		
5	388.46405	22.695257	1.50839	
6	-475.96837	0.500000		
7	261.49728	22.822544	1.50839	
8	-1115.97742	0.500000		
9	212.83142	29.172376	1.50839	G2
10	124.37798	17.392876		
11	398.03023	13.000000	1.50839	
12	147.41084	19.332678		
13	-791.18158	13.000000	1.50839	
14	201.19761	21.922400		
15	-247.90314	13.000000	1.50839	
16	465.71573	30.747889		
17	-130.57945	13.011599	1.50839	
18	-934.63444	12.339136		
19	-407.40602	25.331972	1.50839	G3
20	-188.40893	1.223561		
21	-1400.47996	34.176948	1.50839	
22	-252.53836	0.500000		
23	-17379.23724	39.131937	1.50839	
24	-300.00000	0.500000		
25	606.80606	39.230416	1.50839	
26	-600.00000	0.500000		
27	353.96511	38.782843	1.50839	
28	-2125.11370	2.168618		

S	r	d	n	Gruppe
29	208.12823	34.974979	1.50839	
30	681.68307	18.204990		
31	1293.20817	14.087040	1.50839	G4
32	150.44667	33.112502		
33	-2376.89219	13.177083	1.50839	
34	157.22015	46.101506		
35	-155.71365	13.177083	1.50839	
36	-849.18622	27.476866		
37	-152.68796	20.775187	1.50839	
38	-8671.69720	16.726849		
39	-661.58711	25.875000	1.50839	G5
40	-204.76811	2.156136		
41	0.00000	12.650000		
42	5120.14440	41.798891	1.50839	
43	-294.95271	0.500000		
44	446.90928	49.373870	1.50839	
45	-451.25900	18.201385		
46	-280.36427	21.961806	1.50839	
47	-400.00000	4.804497		
48	387.56604	34.446973	1.50839	
49	2500.00000	4.429387		
50	273.26334	35.779749	1.50839	
51	1264.70932	0.500000		
52	161.00000	35.902736	1.50839	
53	324.49673	0.500000		
54	144.97966	30.031914	1.50839	G6
55	292.80624	9.288710		
56	550.00000	13.000000	1.50839	
57	88.32098	26.733677		
58	86.45884	61.662542	1.50839	
59	502.09604			

Tabelle 2b

Daten der asphärischen Oberfläche

5	S16	$\kappa = -2.932132$	$A = -264382E-08$	$B = -.678762E-12$	$C = -.836895E-17$
	///	$D = -.537613E-21$			
10	S34	$\kappa = 0.122316$	$A = -.747792E-08$	$B = -.577389E-12$	$C = -.256679E-16$
	///	$D = -.256545E-21$			
15	S39	$\kappa = 2.181635$	$A = -.108977E-08$	$B = 0.154837E-13$	$C = -.107182E-17$
	///	$D = 0.935404E-22$	$E = 0.174717E-26$	$F = -.388438E-30$	$G = 0.118356E-34$

Tabelle 2c

Konstruktionsparameter

25	Parameter	Wert
	f_1/f_3	1.666
	f_2/f_4	1.000
30	f_7/L	0.117
	f_8/L	0.349
35	f_9/L	-0.050
	f_{10}/L	-0.050
	f_{12}/L	-0.090
40	$ R_3 /L$	0.234
	$ R_6 /L$	0.074
45	$ R_{11} /L$	0.245

Wie aus den Aberrationskurven gemäß Fig. 5a-5g ersichtlich ist, ist die Anordnung gemäß dieser Ausführungsform hinsichtlich Aberrationen gut korrigiert und geeignet, das der Erfindung zugrundeliegende Problem zu beseitigen.

Dritte Ausführungsform

Die Abbildungsoptik 60 gemäß Fig. 6 ist die dritte Ausführungsform und weist die gleiche Anzahl und den gleichen Typ von Linsenbauteilen auf wie oben in Verbindung mit der Abbildungsoptik 20 gemäß der ersten Ausführungsform beschrieben. Bei der Abbildungsoptik 60 beträgt die numerische Apertur 0,75, die Vergrößerung 1/4, L beträgt 1200, der Abstand auf der Achse von der Objektebene 12 bis zu der am weitesten objektseitigen Oberfläche des Linsenbauteils L11 beträgt 60,0, der Brennpunktstand von der Linsenrückseite beträgt 14,571124 und die maximale Bildhöhe beträgt 14,5.

Tabelle 3a

S	r	d	n	Gruppe
1	-444.41905	18.000000	1.50839	G1
2	263.95589	3.115278		
3	306.30710	25.595388	1.50839	
4	-353.72876	0.500000		
5	401.53161	22.629592	1.50839	
6	-458.32974	0.500000		
7	260.42411	22.384483	1.50839	
8	-1332.14165	0.500000		
9	201.56696	29.172376	1.50839	G2
10	123.44572	17.498236		
11	391.40156	13.000000	1.50839	
12	148.83020	19.339575		
13	-756.35940	13.000000	1.50839	
14	199.64333	21.883300		
15	-251.99565	13.000000	1.50839	
16	457.35347	30.933422		
17	-130.24344	13.000000	1.50839	
18	-920.27012	12.350072		
19	-409.12942	25.374524	1.50839	G3
20	-188.90615	1.181273		
21	-1424.75959	34.047906	1.50839	
22	-253.26753	0.500000		
23	-17379.22377	39.132597	1.50839	
24	-300.00000	0.500000		
25	606.80606	39.230416	1.50839	
26	-600.00000	0.500000		
27	354.99225	38.635587	1.50839	

	S	r	d	n	Gruppe
5	28	-2087.99596	2.226818		
	29	207.60159	35.002784	1.50839	
	30	675.59635	18.256602		
10	31	1287.29080	14.110578	1.50839	G4
	32	150.42360	33.005885		
15	33	-2376.89219	13.177083	1.50839	
	34	157.03647	46.068055		
	35	-155.91252	13.177083	1.50839	
20	36	-866.58591	27.490041		
	37	-153.16663	20.801532	1.50839	
	38	-8493.66686	16.758746		
25	39	-660.86379	25.875000	1.50839	G5
	40	-205.11225	2.176870		
30	41	0.00000	12.650000		
	42	4630.94239	0.000000	1.50839	
	43	-296.67705	0.612232		
35	44	450.13834	49.373870	1.50839	
	45	-448.11047	18.090639		
40	46	-280.56579	21.961806	1.50839	
	47	-400.00000	4.069219		
	48	387.42237	34.838224	1.50839	
45	49	2500.00000	4.694122		
	50	273.67184	35.838683	1.50839	
	51	1255.46173	0.539463		
50	52	161.00000	35.919890	1.50839	
	53	325.11630	0.500000		
55	54	144.91170	30.069410	1.50839	
	55	293.52341	9.245852		G6
	56	550.00000	13.000000	1.50839	
60	57	88.42714	26.801733		
	58	86.53412	61.790454	1.50839	
65	59	498.55162			

Tabelle 3b

Daten der asphärischen Oberfläche

S 3	$\kappa = 0.651961$	$A = 0.288809E-08$	$B = -.142241E-12$	$C = 0.138026E-16$
///	$D = -.260214E-20$	$E = 0.163779E-24$	$F = 0.112908E-28$	$G = -.964063E-33$
S 16	$\kappa = -2.416851$	$A = -.203332E-08$	$B = -.639430E-12$	$C = -.155725E-16$
///	$D = -.489171E-22$			
S 34	$\kappa = -0.129246$	$A = -.729364E-08$	$B = -.586956E-12$	$C = -.260844E-16$
///	$D = -.284984E-21$			
S 39	$\kappa = 2.269617$	$A = -.113325E-08$	$B = 0.135572E-13$	$C = -.115763E-17$
///	$D = 0.101617E-21$	$E = 0.188022E-27$	$F = -.278178E-30$	$G = 0.871254E-35$

Tabelle 3c

Konstruktionsparameter

Parameter	Wert
f_1/f_3	1.705
f_2/f_4	1.017
f_3/L	0.117
F_3/L	0.349
f_4/L	-0.050
f_2/L	-0.051
f_2n/L	-0.091
$ R_3n /L$	0.234
$ R_5n /L$	0.074
$ R_1n /L$	0.220

Wie aus den Aberrationskurven gemäß Fig. 7a-7g ersichtlich ist, ist die Anordnung gemäß dieser Ausführungsform hinsichtlich Aberrationen gut korrigiert und geeignet, das der Erfindung zugrundeliegende Problem zu beseitigen.

Vierte Ausführungsform

Die Abbildungsoptik 80 gemäß Fig. 8 ist die vierte Ausführungsform und weist die gleiche Anzahl und den gleichen Typ von Linsenbauteilen auf, wie oben in Verbindung mit der Abbildungsoptik 20 gemäß der ersten Ausführungsform beschrieben. Bei der Abbildungsoptik 80 beträgt die numerische Apertur 0,75, die Vergrößerung 1/4, L beträgt 1200, der Abstand auf der Achse von der Objektebene 12 bis zu der am weitesten objektseitigen Oberfläche des Linsenbauteils L11 beträgt 60,0, der Brennpunkt Abstand von der Linsenrückseite beträgt 14,412672 und die maximale Bildhöhe beträgt 14,5.

Tabelle 4a

S	r	d	n	Gruppe
1	-468.68095	18.000000	1.50839	G1
2	252.77895	3.233640		
3	298.24991	25.839827	1.50839	
4	-360.06032	0.500000		
5	417.93565	22.562122	1.50839	
6	-441.51797	0.500000		
7	263.82049	22.126107	1.50839	
8	-1375.42189	0.500000		
9	198.61141	29.172376	1.50839	G2
10	125.13733	17.593360		
11	416.27288	13.000000	1.50839	
12	154.18091	19.238100		
13	-668.92020	13.000000	1.50839	
14	199.41335	21.813538		
15	-256.36164	13.000000	1.50839	
16	444.96150	31.095384		
17	-130.59220	13.000000	1.50839	
18	-921.24542	12.380140		
19	-411.14738	25.384580	1.50839	G3
20	-189.32775	1.174238		
21	-1445.99115	33.934711	1.50839	
22	-253.88856	0.500000		
23	-17379.37023	39.125426	1.50839	
24	-300.00000	0.500000		
25	596.09906	39.230416	1.50839	
26	-610.85050	0.500000		
27	355.24038	38.551690	1.50839	
28	-2079.35584	2.303654		

S	r	d	n	Gruppe
29	207.42218	35.035451	1.50839	
30	673.51306	18.314100		
31	1277.16954	14.138411	1.50839	G4
32	150.32702	32.930730		
33	-2376.89219	13.177083	1.50839	
34	156.56831	46.042396		
35	-155.65637	13.177083	1.50839	
36	-845.75387	27.494867		
37	-151.25828	20.850589	1.50839	
38	-4346.25296	16.782509		
39	-616.99314	25.875000	1.50839	G5
40	-202.18912	2.221807		
41	∞	12.650000		
42	4310.61591	41.857209	1.50839	
43	-298.03165	0.760827		
44	448.01359	49.373870	1.50839	
45	-450.13834	18.123926		
46	-280.66611	21.961806	1.50839	
47	-400.00000	3.771463		
48	388.15249	35.013919	1.50839	
49	2500.00000	4.945986		
50	274.68742	35.755123	1.50839	
51	1268.22336	0.500000		
52	161.00000	35.804931	1.50839	
53	325.39957	0.500000		
54	144.80153	30.033841	1.50839	G6
55	293.86133	9.204704		
56	550.00000	13.000000	1.50839	
57	89.52230	26.819022		
58	87.53044	61.711363	1.50839	
59	495.57398			

Tabelle 4b

Daten der asphärischen Oberfläche

5	S3	$K=0.965373$	$A = 0.469769E-08$	$B = -.190197E-12$	$C = 0.112631E-16$
	///	$D = -.355099E-20$	$E = 0.709289E-24$	$F = -.916514E-28$	$G = 0.586833E-32$
10	S16	$\kappa = -2.033092$	$A = -.153014E-08$	$B = -.574525E-12$	$C = -.170686E-16$
	///	$D = 0.650293E-21$			
15	S30	$\kappa = -0.023006$	$A = -.104624E-10$	$B = 0.152933E-14$	$C = 0.581088E-18$
	///	$D = -.550392E-22$	$E = 0.124756E-26$		
	S34	$\kappa = 0.135728$	$A = -.715391E-08$	$B = -.607874E-12$	$C = -.350272E-16$
20	///	$D = 0.234373E-21$			
	S39	$\kappa = 2.262632$	$A = -.112080E-08$	$B = 0.636428E-14$	$C = -.143140E-17$
25	///	$D = 0.112838E-21$	$E = -.714641E-27$	$F = -.208714E-30$	$G = 0.705742E-35$

Tabelle 4c

Konstruktionsparameter

	Parameter	Wert
35	f_1/f_2	1.722
	f_2/f_3	1.023
	f_2/L	0.117
40	f_3/L	0.350
	f_4/L	-0.050
45	f_5/L	-0.052
	f_6/L	-0.090
	$ R_2 n /L$	0.234
50	$ R_3 n /L$	0.075
	$ R_1 n /L$	0.211

Wie aus den Aberrationskurven gemäß Fig. 9a-9g ersichtlich ist, ist die Anordnung gemäß dieser Ausführungsform hinsichtlich Aberrationen gut korrigiert und geeignet, das der Erfindung zugrundeliegende Problem zu beseitigen.

Fünfte Ausführungsform

Die Abbildungsoptik 100 gemäß Fig. 10 ist die fünfte Ausführungsform und weist die gleiche Anzahl und den gleichen Typ von Linsenbauteilen auf, wie oben in Verbindung mit der Abbildungsoptik 20 gemäß der ersten Ausführungsform beschrieben. Bei der Abbildungsoptik 100 beträgt die numerische Apertur 0,75, die Vergrößerung 1/4, L beträgt 1200, der Abstand auf der Achse von der Objektebene 12 bis zu der am weitesten objektseitigen Oberfläche des Linsenbauteils L11 beträgt 60,0, der Brennpunkt Abstand von der Linsenrückseite beträgt 14,165006 und die maximale Bildhöhe beträgt 14,5.

Tabelle 5a

S	r	d	n	Gruppe
1	-468.07699	18.000000	1.50839	G1
2	250.12651	3.380259		
3	300.99856	25.794382	1.50839	
4	-362.12163	0.500000		
5	400.86991	22.811466	1.50839	
6	-450.23466	0.500000		
7	268.97200	22.038806	1.50839	
8	-1313.26659	0.500000		
9	197.05591	29.172376	1.50839	G2
10	124.31498	17.663331		
11	407.81022	13.000000	1.50839	
12	161.89912	19.175412		
13	-566.17721	13.000000	1.50839	
14	197.37620	21.758555		
15	-263.68269	13.000000	1.50839	
16	429.32073	31.288348		
17	-131.12939	13.039244	1.50839	
18	-917.99488	12.437120		
19	-413.92024	25.461495	1.50839	G3
20	-189.63472	1.144736		
21	-1419.86877	33.734236	1.50839	
22	-253.10206	0.500000		
23	-17379.50305	39.118922	1.50839	
24	-300.00000	0.500000		
25	585.23935	39.230416	1.50839	
26	-622.70279	0.500000		
27	352.49897	38.565268	1.50839	

	S	r	d	n	Gruppe
5	28	-2181.80512	2.424434		
	29	208.28348	35.119714	1.50839	
10	30	683.31272	18.431385		
	31	1260.29479	14.211733	1.50839	G4
	32	150.00119	32.620701		
15	33	-2376.89219	13.177083	1.50839	
	34	154.81553	45.778399		
20	35	-157.58025	13.177083	1.50839	
	36	-865.39866	27.070384		
	37	-153.61567	20.819650	1.50839	
25	38	-64924.10051	16.788651		
	39	-712.18966	25.875000	1.50839	G5
30	40	-206.41949	2.097883		
	41	∞	12.650000		
	42	3973.02616	41.592649	1.50839	
35	43	-299.72179	0.500000		
	44	447.61811	49.373870	1.50839	
40	45	-450.53837	19.003149		
	46	-279.78056	21.961806	1.50839	
	47	-404.06473	6.780768		
45	48	379.72454	33.386064	1.50839	
	49	2500.00000	4.142460		
50	50	283.16075	35.076227	1.50839	
	51	1489.01547	0.500000		
	52	164.88650	35.591626	1.50839	
55	53	339.88457	0.500000		
	54	144.51257	30.264029	1.50839	G6
60	55	294.74328	9.221153		
	56	550.00000	13.000000	1.50839	
	57	92.59167	25.876306		
65	58	90.49578	63.008413	1.50839	
	59	487.58159			

Tabelle 5b

Daten der asphärischen Oberfläche

S3	$\kappa = 1.188206$	$A = 0.616724E-08$	$B = -.261943E-12$	$C = 0.117836E-16$
///	$D = -.276255E-20$	$E = 0.421652E-24$	$F = -.526812E-28$	$G = 0.415909E-32$
S16	$\kappa = -1.301521$	$A = -.465204E-09$	$B = -.629003E-12$	$C = -.166260E-16$
///	$D = 0.121986E-20$			
S30	$\kappa = -0.350261$	$A = -.149448E-09$	$B = 0.999815E-14$	$C = 0.678281E-18$
///	$D = -.619666E-22$	$E = 0.152611E-26$		
S34	$\kappa = 0.145290$	$A = -.672935E-08$	$B = -.638504E-12$	$C = -.369923E-16$
///	$D = 0.382079E-21$			
S39	$\kappa = 2.321086$	$A = -.116397E-08$	$B = 0.107347E-13$	$C = -.124164E-17$
///	$D = 0.119458E-21$	$E = -.185166E-26$	$F = -.163469E-30$	$G = 0.519016E-35$
S56	$\kappa = -0.669816$	$A = -.531655E-09$	$B = 0.331972E-13$	$C = -.471706E-17$
///	$D = 0.347702E-21$	$E = -.101574E-25$		

Tabelle 5c

Konstruktionsparameter

Parameter	Wert
f_1/f_3	1.734
f_2/f_4	1.036
f_5/L	0.118
f_6/L	0.357
f_4/L	-0.050
f_2/L	-0.052
f_{2n}/L	-0.091
$ R_{3n} /L$	0.233
$ R_{5n} /L$	0.077
$ R_{1n} /L$	0.208

Wie aus den Aberrationskurven gemäß Fig. 11a–11f ersichtlich ist, ist die Anordnung gemäß dieser Ausführungsform hinsichtlich Aberrationen gut korrigiert und geeignet, das der Erfindung zugrundeliegende Problem zu beseitigen.

Sechste Ausführungsform

Die Abbildungsoptik 120 gemäß Fig. 12 ist die sechste Ausführungsform und weist die gleiche Anzahl und den gleichen Typ von Linsenbauteilen auf, wie oben in Verbindung mit der Abbildungsoptik 20 gemäß der ersten Ausführungsform beschrieben, mit der Ausnahme der Linsengruppe G4, die nun ein Linsenbauteil L41 mit Negativ-Meniskus, das objektseitig eine konvexe Oberfläche aufweist, ein bikonvexes Linsenbauteil L42 und ein Linsenbauteil L43 mit Negativ-Meniskus aufweist, das objektseitig eine konkave Oberfläche aufweist.

Bei der Abbildungsoptik 120 beträgt die numerische Apertur 0,75, die Vergrößerung $1/4$, L beträgt 1200, der Abstand auf der Achse von der Objektebene 12 bis zu der am weitesten objektseitigen Oberfläche des Linsenbauteils L11 beträgt 60,0, der Brennpunktstand von der Linsenrückseite beträgt 12,647270 und die maximale Bildhöhe beträgt 14,5.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Tabelle 6a

S	r	d	n	Gruppe
1	-420.30684	18.000000	1.50839	G1
2	304.38947	4.844904		
3	409.93724	25.000000	1.50839	
4	-345.79137	0.500000		
5	344.48673	24.000000	1.50839	
6	-492.43913	0.500000		
7	268.47429	22.000000	1.50839	
8	-561.19048	0.500000		
9	228.49034	29.172376	1.50839	G2
10	124.66129	21.915174		
11	2782.29168	13.000000	1.50839	
12	168.55342	21.234352		
13	-322.47044	13.000000	1.50839	
14	323.01386	22.100306		
15	-182.39320	13.000000	1.50839	
16	1378.53916	26.743800		
17	-144.71537	13.000000	1.50839	
18	-834.60001	13.279960		
19	-543.83120	27.401869	1.50839	G3
20	-205.14464	0.500000		
21	-800.01554	34.638631	1.50839	
22	-224.70509	0.500000		
23	-25065.93947	39.466543	1.50839	
24	-301.52652	0.500000		
25	345.26248	39.230416	1.50839	
26	-2517.70773	0.500000		
27	314.76800	38.166279	1.50839	
28	-17038.75030	0.500000		
29	200.00000	34.537615	1.50839	
30	557.24026	17.007268		

S	r	d	n	Gruppe
31	2180.25083	13.025262	1.50839	G4
32	123.59069	61.421633		
33	-205.98730	13.177083	1.50839	
34	202.28713	68.572390		
35	-159.41306	24.495231	1.50839	
36	-3005.44394	14.667092		
37	-697.48612	25.875000	1.50839	G5
38	-225.08993	0.500000		
39	0.00000	12.650000		
40	1639.18095	38.602593	1.50839	
41	-334.50135	0.500000		
42	578.12145	49.373870	1.50839	
43	-367.69622	15.341733		
44	-266.45720	21.961806	1.50839	
45	-400.63356	0.733794		
46	387.43403	35.000000	1.50839	
47	2408.33297	0.500000		
48	250.43557	35.000000	1.50839	
49	806.42950	0.500000		
50	175.00000	35.921145	1.50839	
51	377.77144	1.715742		
52	146.02491	30.182778	1.50839	G6
53	302.71543	10.356697		
54	550.00000	13.000000	1.50839	
55	88.62882	21.641507		
56	89.87518	67.897884	1.50839	
57	610.57068			

Tabelle 6b

Daten der asphärischen Oberfläche

S34	$\kappa = 0.022695$	$A = -.127712E-07$	$B = -.986372E-12$	$C = 0.160059E-16$
///	$D = 0.143506E-20$			
S37	$\kappa = -6.954337$	$A = 0.176680E-09$	$B = 0.544891E-13$	$C = 0.110204E-17$
///	$D = 0.158373E-21$	$E = -.249194E-26$	$F = 0.166870E-30$	$G = -.294689E-36$

Tabelle 6c

Konstruktionsparameter

Parameter	Wert
f_1/f_3	1.584
f_2/f_4	0.930
f_3/L	0.117
f_6/L	0.361
f_4/L	-0.052
f_2/L	-0.048
f_{2n}/L	-0.082
$ R_{3n} /L$	0.222
$ R_{6n} /L$	0.074
$ R_{1n} /L$	0.254

Wie aus den Aberrationskurven gemäß Fig. 13a–13h ersichtlich ist, ist die Anordnung gemäß dieser Ausführungsform hinsichtlich Aberrationen gut korrigiert und geeignet, das der Erfindung zugrundeliegende Problem zu beseitigen.

Siebte Ausführungsform

Die Abbildungsoptik 140 gemäß Fig. 14 ist die siebte Ausführungsform und weist die gleiche Anzahl und den gleichen Typ von Linsenbauteilen auf, wie oben in Verbindung mit der Abbildungsoptik 120 gemäß der ersten Ausführungsform beschrieben. Bei der Abbildungsoptik 140 beträgt die numerische Apertur 0,75, die Vergrößerung $1/4 L$ beträgt 1200, der Abstand auf der Achse von der Objektebene 12 bis zu der am weitesten objektseitigen Oberfläche des Linsenbauteils L11 beträgt 60,0, der Brennpunkt Abstand von der Linsenrückseite beträgt 12,598236 und die maximale Bildhöhe beträgt 14,5.

Tabelle 7a

	S	r	d	n	Gruppe
5	1	-394.79113	18.000000	1.50839	G1
	2	316.86963	3.432096		
10	3	385.17199	23.971420	1.50839	
	4	-332.08412	0.500000		
	5	385.76588	23.018363	1.50839	
15	6	-462.41329	0.500000		
	7	261.83315	24.873425	1.50839	
20	8	-662.07882	0.500000		
	9	217.44326	26.470552	1.50839	G2
	10	130.19538	18.160493		
25	11	577.89686	13.000000	1.50839	
	12	151.58758	21.170084		
30	13	-399.45469	13.000000	1.50839	
	14	213.97370	23.645709		
	15	-198.33421	13.000000	1.50839	
35	16	596.96132	28.357042		
	17	-145.18221	13.000000	1.50839	
40	18	-662.45369	12.854593		
	19	-556.70481	27.433961	1.50839	G3
	20	-204.71209	0.500000		
45	21	-1365.15240	34.520424	1.50839	
	22	-251.45530	0.500000		
50	23	16097.83839	39.574978	1.50839	
	24	-310.66803	0.500000		
55	25	443.70292	39.230416	1.50839	
	26	-946.94062	0.500000		
	27	322.23157	38.264073	1.50839	
60	28	-5486.68682	0.500000		
	29	217.22460	34.776707	1.50839	
65	30	799.91884	18.173304		
	31	12387.52204	13.000000	1.50839	G4

S	r	d	n	Gruppe
32	125.69696	61.545246		
33	-192.59778	13.177083	1.50839	
34	191.97054	68.673889		
35	-173.96143	23.724806	1.50839	
36	-1430.00455	12.091296		
37	-518.50264	25.875000	1.50839	G5
38	-213.41585	0.500095		
39	0.00000	12.650000		
40	1394.83283	38.762785	1.50839	
41	-348.55455	0.514756		
42	589.68098	49.373870	1.50839	
43	-363.24607	18.952009		
44	-261.91151	21.961806	1.50839	
45	-400.00000	0.500000		
46	380.51168	35.000000	1.50839	
47	2500.00000	0.500000		
48	255.67104	35.000000	1.50839	
49	850.67403	0.500000		
50	175.00000	33.349227	1.50839	
51	354.54268	0.500000		
52	147.57414	30.804902	1.50839	G6
53	309.21683	8.726274		
54	550.00000	13.000000	1.50839	
55	92.71485	21.778859		
56	94.51983	75.002069	1.50839	
57	660.56474	12.598236		

Daten der asphärischen Oberfläche

S16	$\kappa = -0.080829$	$A = 0.257830E-08$	$B = -.623179E-12$	$C = -.103089E-17$
///	$D = 0.254598E-21$			
S34	$\kappa = -0.091698$	$A = -.162846E-07$	$B = -.980291E-12$	$C = 0.203271E-16$
///	$D = 0.178089E-20$			
S37	$\kappa = -6.872295$	$A = 0.413563E-09$	$B = 0.166773E-12$	$C = 0.144211E-17$
///	$D = 0.194986E-21$	$E = -.432989E-27$	$F = 0.197137E-30$	$G = -.735338E-36$

Konstruktionsparameter

Parameter	Wert
f_1/f_3	1.602
f_2/f_4	0.933
f_2/L	0.119
f_3/L	0.361
f_4/L	-0.052
f_5/L	-0.049
$f_2 n/L$	-0.079
$ R_2 n /L$	0.218
$ R_3 n /L$	0.077
$ R_1 n /L$	0.264

Wie aus den Aberrationskurven gemäß Fig. 15a–15h ersichtlich ist, ist die Anordnung gemäß dieser Ausführungsform hinsichtlich Aberrationen gut korrigiert und geeignet, das der Erfindung zugrundeliegende Problem zu beseitigen.

Achte Ausführungsform

Die Abbildungsoptik 160 gemäß Fig. 16 ist die achte Ausführungsform und weist von der Objektebene 12 zu der Bildebene 14 eine erste Linsengruppe G1 mit einem Linsebauteil L11 mit Negativ-Meniskus, das objektseitig eine konvexe Oberfläche aufweist, einem bikonvexen Linsebauteil L12, einem bikonvexen Linsebauteil L13, einem Linsebauteil L14 mit Negativ-Meniskus, das objektseitig eine konvexe Oberfläche aufweist, und einem bikonvexen Linsebauteil L15 auf. Es folgt eine zweite Linsengruppe G2, die ein bikonkaves Linsebauteil L21, ein bikonkaves Linsebauteil L22 und ein Linsebauteil L23 mit Negativ-Meniskus aufweist, das objektseitig eine konkave Oberfläche aufweist. Es folgt eine dritte Linsengruppe G3, die ein Linsebauteil L31 mit Positiv-Meniskus, das objektseitig eine konkave Oberfläche aufweist, ein Linsebauteil L32 mit Positiv-Meniskus, das objektseitig eine konkave Oberfläche aufweist, ein bikonvexes Linsebauteil L33, ein bikonvexes Linsebauteil L34, ein bikonvexes Linsebauteil L35, ein Linsebauteil L36 mit Positiv-Meniskus, das objektseitig eine konvexe Oberfläche aufweist, ein Linsebauteil L37 mit Positiv-Meniskus, das objektseitig eine konvexe Oberfläche aufweist, und ein Linsebauteil L38 mit Positiv-Meniskus aufweist, das objektseitig eine konvexe Oberfläche aufweist. Es folgt eine vierte Linsengruppe G4, die ein Linsebauteil L41 mit Negativ-Meniskus, das objektseitig eine konvexe Oberfläche aufweist, ein bikonvexes Linsebauteil L42, und ein bikonvexes Linsebauteil L43 aufweist. Es folgt eine fünfte Linsengruppe G5, die ein bikonvexes Linsebauteil L51, ein Linsebauteil L52 mit Positiv-Meniskus, das objektseitig eine konkave Oberfläche aufweist, ein bikonvexes Linsebauteil L53, ein Linsebauteil L54 mit Negativ-Meniskus, das objektseitig eine konkave Oberfläche aufweist, ein bikonvexes Linsebau-

teil L55, ein bikonvexes Linsenbauteil L56 und ein Linsenbauteil L57 mit Positiv-Meniskus aufweist, das objektseitig eine konvexe Oberfläche aufweist. Es folgt eine sechste Linsengruppe G6, die ein Linsenbauteil L61 mit Positiv-Meniskus, das objektseitig eine konvexe Oberfläche aufweist, ein bikonkaves Linsenbauteil L62 und ein Linsenbauteil L63 mit Positiv-Meniskus aufweist, das objektseitig eine konvexe Oberfläche aufweist. Die Aperturblende AS ist zwischen dem Linsenbauteil L51 und dem Linsenbauteil L52 in der fünften Linsengruppe angeordnet.

In der Abbildungsoptik 160 gemäß Fig. 16 beträgt die numerische Apertur 0,80, die Vergrößerung $1/4$, L beträgt 1500, die Entfernung auf der Achse von der Objektebene 12 bis zu der am weitesten objektseitigen Oberfläche des Linsenbauteils L11 beträgt 92,0, der Brennpunkt Abstand von der Linsenrückseite beträgt 27,74 und die maximale Bildhöhe beträgt 14,5.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Tabelle 8a

	S	r	d	n	Gruppe
5	1	718.85125	20.000000	1.50839	G1
	2	419.76270	10.000000		
10	3	37714.38709	22.138562	1.50839	
	4	-310.65200	0.100000		
	5	350.56680	25.585801	1.50839	
15	6	-839.94573	0.100000		
	7	187.27742	15.000000	1.50839	
20	8	129.63561	10.193899		
	9	185.52772	37.726567	1.50839	
	10	-359.67498	10.000000		
25	11	-380.92840	10.032688	1.50839	G2
	12	117.09613	32.010931		
30	13	-287.93550	10.000000	1.50839	
	14	194.76378	32.284079		
35	15	-158.72745	10.003793	1.50839	
	16	-1178.65823	36.540933		
	17	-123.26109	29.351802	1.50839	G3
40	18	-133.12159	1.000000		
	19	-502.15858	25.000000	1.50839	
45	20	-302.23345	0.100000		
	21	7363.85681	43.843308	1.50839	
	22	-425.68991	0.100000		
50	23	1729.87203	45.555947	1.50839	
	24	-600.00000	0.200000		
55	25	865.80263	40.012505	1.50839	
	26	-1554.86289	2.156975		
	27	509.31991	43.360383	1.50839	
60	28	99999.00000	3.749801		
	29	378.69505	44.864067	1.50839	
65	30	3000.00000	0.000001		
	31	308.96606	53.780418	1.50839	

S	r	d	n	Gruppe
32	506.87544	5.000000		
33	802.31214	13.801460	1.50839	G4
34	146.21750	72.358454		
35	-229.01266	15.000000	1.50839	
36	241.96265	73.389500		
37	-309.06925	10.000000	1.50839	
38	551.94211	6.102207		
39	752.97283	45.581180	1.50839	G5
40	-416.05599	15.000000		
41	∞	15.000000		
42	-4226.71251	38.697035	1.50839	
43	-420.41230	0.100000		
44	546.12722	57.018027	1.50839	
45	-752.79962	36.208246		
46	-292.99042	25.000000	1.50839	
47	-526.52023	4.113016		
48	1204.71132	54.118430	1.50839	
49	-639.03474	0.100000		
50	556.47285	50.363514	1.50839	
51	-1972.93848	0.100000		
52	244.15849	53.094475	1.50839	
53	700.00000	0.100000		
54	192.23824	49.559672	1.50839	G6
55	568.53429	14.794053		
56	99999.00000	30.754870	1.50839	
57	307.32702	11.653900		
58	186.45334	68.559500	1.50839	
59	1043.98610			

Tabelle 8b

Daten der asphärischen Oberfläche

S14	$\kappa = 0.000000$	$A = -.825926E-07$	$B = -.220422E-11$	$C = -.447231E-16$
///	$D = -.146561E-19$	$E = 0.184702E-23$	$F = -.287752E-27$	
S35	$\kappa = 0.000000$	$A = -.502044E-08$	$B = -.264019E-12$	$C = -.964365E-17$
///	$D = -.133885E-23$	$E = -.303209E-25$	$F = 0.972304E-30$	
S40	$\kappa = 0.000000$	$A = 0.295553E-08$	$B = 0.182366E-12$	$C = 0.650083E-17$
///	$D = 0.376932E-21$	$E = -.240887E-26$	$F = 0.849451E-30$	

Tabelle 8c

Konstruktionsparameter

Parameter	Wert
f_1/f_3	1.134
f_2/f_4	0.836
f_5/L	0.133
f_6/L	0.280
f_3/L	-0.052
f_2/L	-0.043
$f_2 n/L$	-0.043
$ R_3 n /L$	0.195
$ R_1 n /L$	0.280

Wie aus den Aberrationskurven gemäß Fig. 17a–17h ersichtlich ist, ist die Anordnung gemäß dieser Ausführungsform hinsichtlich Aberrationen gut korrigiert und geeignet, das der Erfindung zugrundeliegende Problem zu beseitigen.

Neunte Ausführungsform

Die Abbildungsoptik 180 gemäß Fig. 18 ist die neunte Ausführungsform und weist von der Objektebene 12 zu der Bildebene 14 eine erste Linsengruppe G1 mit einem Linsebauteil L11 mit Negativ-Meniskus, das objektseitig eine konvexe Oberfläche aufweist, einem bikonvexen Linsebauteil L12 und einem bikonvexen Linsebauteil L13 auf. Es folgt eine zweite Linsengruppe G2, die ein Linsebauteil L21 mit Negativ-Meniskus aufweist, das objektseitig eine konvexe Oberfläche aufweist, ein Linsebauteil L22 mit Negativ-Meniskus aufweist, das objektseitig eine konvexe Oberfläche aufweist, ein bikonvexes Linsebauteil L23, ein Linsebauteil L24 mit Negativ-Meniskus aufweist, das objektseitig eine konkave Oberfläche aufweist, und ein Linsebauteil L25 mit Negativ-Meniskus aufweist, das objektseitig eine konkave Oberfläche aufweist. Es folgt eine dritte Linsengruppe G3, die ein Linsebauteil L31 mit Positiv-Meniskus, das objektseitig eine konkave Oberfläche aufweist, ein Linsebauteil L32 mit Positiv-Meniskus, das objektseitig eine konkave Oberfläche aufweist, ein bikonvexes Linsebauteil L33, ein bikonvexes Linsebauteil L34, ein Linsebauteil L35 mit Positiv-Meniskus, das objektseitig eine konvexe Oberfläche aufweist, und ein bikonvexes Linsebauteil L36 aufweist. Es folgt eine vierte Linsengruppe G4, die ein plan-konkaves Linsebauteil L41, das objektseitig eine ebene Oberfläche aufweist, ein bikonkaves Linsebauteil L42 und ein bikonkaves Linsebauteil L43 aufweist. Es folgt eine fünfte Linsengruppe G5, die ein Linsebauteil L51 mit Positiv-Meniskus, das objektseitig eine konkave Oberfläche aufweist, ein Linsebauteil L52 mit Negativ-Meniskus, das objektseitig eine konkave Oberfläche aufweist, ein bikonvexes Linsebauteil L53, ein Linsebauteil L54 mit Negativ-Meniskus, das objektseitig eine konkave Oberfläche aufweist, ein bikonvexes Linsebauteil L55, ein Linsebauteil L56 mit Positiv-Meniskus aufweist, das objektseitig eine konvexe Oberfläche aufweist, und ein Linsebauteil L57 mit Positiv-Meniskus aufweist, das objektseitig eine konvexe Oberfläche aufweist. Es

folgt eine sechste Linsengruppe G6, die ein Linsenbauteil L61 mit Positiv-Meniskus, das objektseitig eine konvexe Oberfläche aufweist, ein bikonkaves Linsenbauteil L62 und ein Linsenbauteil L63 mit Positiv-Meniskus aufweist, das objektseitig eine konvexe Oberfläche aufweist. Die Aperturblende AS ist zwischen dem Linsenbauteil L51 und dem Linsenbauteil L52 in der fünften Linsengruppe angeordnet.

In der Abbildungsoptik 180 gemäß Fig. 18 beträgt die numerische Apertur 0,78, die Vergrößerung $1/4$, L beträgt 1500, die Entfernung auf der Achse von der Objektebene 12 bis zu der am weitesten objektseitigen Oberfläche des Linsenbauteils L11 beträgt 92,0, der Brennpunkt Abstand von der Linsenrückseite beträgt 19,095569 und die maximale Bildhöhe beträgt 14,5.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Tabelle 9a

S	r	d	n	Gruppe
1	500.00000	20.000000	1.50839	G1
2	430.00000	10.000000		
3	931.80900	23.718892	1.50839	
4	-362.97952	0.100000		
5	332.06640	25.995825	1.50839	
6	-732.52220	13.842797		
7	206.89029	15.000000	1.50839	G2
8	149.50025	15.414059		
9	511.22833	39.506945	1.50839	
10	149.73196	30.626199		
11	-187.69536	10.000000	1.50839	
12	215.87573	24.165184		
13	-280.84891	15.000000	1.50839	
14	-1495.99441	32.241853		
15	-132.56240	23.125310	1.50839	
16	-193.90245	0.536304		
17	-246.39953	33.677028	1.50839	G3
18	-170.42850	0.449647		
19	-18093.58705	52.266017	1.50839	
20	-307.72240	0.100000		
21	1028.99344	52.040848	1.50839	
22	-564.72447	0.200000		
23	463.92013	47.252819	1.50839	
24	-5413.06676	10.736526		
25	565.81685	37.800000	1.50839	
26	2892.95526	6.361992		
27	298.99587	75.000000	1.50839	
28	-3000.00000	5.000000		
29	∞	24.356049	1.50839	G4
30	164.11897	50.949748		

S	r	d	n	Gruppe
31	-357.71936	10.000000	1.50839	
32	195.03967	58.555088		
33	-182.56313	41.236081	1.50839	
34	5843.26761	11.029510		
35	-883.21453	48.737208	1.50839	G5
36	-295.17959	5.000000		
37	∞	25.000000		
38	-5542.32804	44.564616	1.50839	
39	-367.50993	0.100000		
40	443.75606	75.000000	1.50839	
41	-1085.66088	30.000000		
42	-400.26612	25.000000	1.50839	
43	-525.63201	4.113016		
44	658.76285	48.097310	1.50839	
45	-5983.44019	0.100000		
46	345.33254	43.329194	1.50839	
47	1409.15145	0.100000		
48	262.42521	46.228330	1.50839	
49	750.00000	0.100000		
50	198.86479	48.865418	1.50839	G6
51	623.68097	17.416378		
52	-942.86893	30.754870	1.50839	
53	625.62224	11.553900		
54	196.70372	68.559500	1.50839	
55	860.93535			

Tabelle 9b

Daten der asphärischen Oberfläche

5	S12	$\kappa = 0.000000$	$A = -.415050E-07$	$B = -.756052E-12$	$C = 0.260560E-16$
	///	$D = 0.209992E-20$	$E = -.237405E-24$	$F = 0.483178E-29$	
10	S29	$\kappa = 0.000000$	$A = 0.102099E-09$	$B = -.188042E-13$	$C = 0.267234E-17$
	///	$D = -.475339E-22$	$E = -.256151E-27$	$F = 0.160661E-31$	
15	S36	$\kappa = 0.000000$	$A = 0.403820E-09$	$B = 0.262131E-13$	$C = 0.256593E-18$
	///	$D = -.436766E-22$	$E = -.138744E-26$	$F = 0.520594E-31$	
	S52	$\kappa = 0.000000$	$A = 0.118684E-07$	$B = -.447939E-12$	$C = 0.245274E-16$
20	///	$D = -.116536E-20$	$E = 0.385264E-25$	$F = -.631033E-30$	

Tabelle 9c

Konstruktionsparameter

25	Parameter	Wert
30	f_1/f_3	1.658
	f_2/f_4	1.033
35	f_3/L	0.128
	f_4/L	0.280
	f_5/L	-0.053
40	f_6/L	-0.055
	$f_2 n/L$	-0.070
45	$ R_3 n /L$	0.267
	$ R_5 n /L$	0.287

50 Wie aus den Aberrationskurven gemäß Fig. 19a–19h ersichtlich ist, ist die Anordnung gemäß dieser Ausführungsform hinsichtlich Aberrationen gut korrigiert und geeignet, das der Erfindung zugrundeliegende Problem zu beseitigen.

Patentansprüche

- 55 1. Abbildungsoptik mit einer Objektebene (12) und einer Bildebene (14), die von der Objektebene (12) zu der Bildebene (14) hin aufweist:
- a) eine erste Linsengruppe (G1) mit einem positiven Brechwert;
 - b) eine zweite Linsengruppe (G2) mit einem negativen Brechwert;
 - c) eine dritte Linsengruppe (G3) mit einem insgesamt positiven Brechwert, die mindestens drei Linsenbauteile mit positivem Brechwert aufweist;
 - d) eine vierte Linsengruppe (G4) mit einem insgesamt negativen Brechwert, die mindestens drei Linsenbauteile mit negativem Brechwert aufweist;
 - e) eine fünfte Linsengruppe (G5) mit einem insgesamt positiven Brechwert, die mindestens drei Linsenbauteile mit positivem Brechwert aufweist;
 - f) eine sechste Linsengruppe (G6) mit einem positiven Brechwert; wobei
 - g) mindestens ein Linsenbauteil der vierten Linsengruppe (G4) oder der fünften Linsengruppe (G5) mindestens eine asphärische Oberfläche aufweist.
- 60 2. Abbildungsoptik gemäß Anspruch 1, die eine oder mehrere der folgenden Konstruktionsbedingungen erfüllt:
- 65

$$\begin{aligned}
&0,1 < f_1/f_3 < 15 \\
&0,05 < f_2/f_4 < 6 \\
&0,01 < f_5/L < 1,2 \\
&0,02 < f_6/L < 1,8 \\
&-0,3 < f_4/L < -0,005 \\
&-0,5 < f_2/L < -0,005,
\end{aligned}$$

5

wobei f_1 die Brennweite der ersten Linsengruppe (G1) ist, f_2 die Brennweite der zweiten Linsengruppe (G2) ist, f_3 die Brennweite der dritten Linsengruppe (G3) ist, f_4 die Brennweite der vierten Linsengruppe (G4) ist, f_5 die Brennweite der fünften Linsengruppe (G5) ist, f_6 die Brennweite der sechsten Linsengruppe (G6) ist, und L der Abstand von der Objektebene (12) zu der Bildebene (14) ist.

10

3. Abbildungsoptik gemäß Anspruch 2, wobei die zweite Linsengruppe (G2) mindestens fünf Linsenbauteile aufweist, von denen drei Linsenbauteile einen negativen Brechwert aufweisen, und die Bedingung:

15

$$-0,3 < f_{2n}/L < 0,01$$

erfüllt ist, wobei f_{2n} die zusammengesetzte Brennweite von dem dritten (L23) bis zu dem fünften Linsenbauteil (L25) in der zweiten Linsengruppe (G2) ist.

4. Abbildungsoptik gemäß Anspruch 3, wobei mindestens eines der fünf Linsenbauteile in der zweiten Linsengruppe (G2) mindestens eine asphärische Oberfläche aufweist.

20

5. Abbildungsoptik gemäß Anspruch 4, wobei die erste Linsengruppe (G1) ein Linsenbauteil oder mehrere Linsenbauteile aufweist und mindestens eine asphärische Oberfläche auf dem Linsenbauteil bzw. einem der Linsenbauteile aufweist.

6. Abbildungsoptik gemäß Anspruch 5, wobei die dritte Linsengruppe (G3) ein Linsenbauteil oder mehrere Linsenbauteile aufweist und mindestens eine asphärische Oberfläche auf dem Linsenbauteil bzw. einem der Linsenbauteile aufweist.

25

7. Abbildungsoptik gemäß Anspruch 6, wobei die sechste Linsengruppe (G6) ein Linsenbauteil oder mehrere Linsenbauteile aufweist und mindestens eine asphärische Oberfläche auf dem Linsenbauteil bzw. einem der Linsenbauteile aufweist.

30

8. Abbildungsoptik gemäß Anspruch 3, wobei die fünfte Linsengruppe (G5) ein Linsenbauteil mit Negativ-Meniskus aufweist, das objektseitig eine konkave Oberfläche aufweist, und die Konstruktionsbedingung

$$0,1 < R_{5n}/L < 0,5$$

35

erfüllt ist, wobei R_{5n} der Krümmungsradius der konkaven Oberfläche ist.

9. Abbildungsoptik gemäß Anspruch 8, wobei die sechste Linsengruppe (G6) ein Linsenbauteil mit Negativ-Meniskus aufweist, das objektseitig eine konkave Oberfläche aufweist, und die Konstruktionsbedingung

$$0,03 < R_{6n}/L < 0,15$$

40

erfüllt ist, wobei R_{6n} der Krümmungsradius der konkaven Oberfläche ist.

10. Abbildungsoptik gemäß Anspruch 9, wobei die erste Linsengruppe (G1) ein Linsenbauteil mit einem negativen Brechwert und einem bildebenenseitigen Krümmungsradius R_{1n} aufweist und die Konstruktionsbedingung

45

$$0,1 < R_{1n}/L < 0,5$$

erfüllt ist.

11. Projektionsoptikvorrichtung (10), die aufweist:

- a) eine Abbildungsoptik gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10;
- b) einen Maskenhalter (RS), von dem eine Maske (R) in der oder nahe der Objektebene (12) der Abbildungsoptik haltbar ist;
- c) eine Beleuchtungsquelle (IS), die dem Maskenhalter (RS) benachbart auf dessen der Abbildungsoptik abgewandten Seite angeordnet ist; und
- d) einen Werkstückhalter (WS), der der Abbildungsoptik benachbart an deren der Bildebene (14) zugewandter Seite angeordnet ist, wobei der Werkstückhalter (WS) derart ausgebildet ist, daß von ihm ein Werkstück (W) in der oder nahe der Bildebene (14) der Abbildungsoptik haltbar ist.

50

55

12. Verfahren des Projizierens von Belichtungsmustern auf ein Werkstück (W), wobei das Verfahren die Schritte aufweist:

- a) Bereitstellen einer Abbildungsoptik gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10;
- b) Anordnen einer Maske (R), die die Muster aufweist, in der oder nahe der Objektebene (12) der Abbildungsoptik;
- c) Anordnen des Werkstücks (W) in der oder nahe der Bildebene (14); und
- d) Beleuchten der Maske (R) mit einer Kohler-Beleuchtungsquelle (IS), die dem Maskenhalter (RS) benachbart auf dessen der Abbildungsoptik abgewandten Seite angeordnet ist.

60

65

13. Abbildungsoptik mit den Bauteilen und Eigenschaften gemäß den Tabellen 1a bis 1c.

14. Abbildungsoptik mit den Bauteilen und Eigenschaften gemäß den Tabellen 2a bis 2c.

15. Abbildungsoptik mit den Bauteilen und Eigenschaften gemäß den Tabellen 3a bis 3c.

16. Abbildungsoptik mit den Bauteilen und Eigenschaften gemäß den Tabellen 4a bis 4c.
17. Abbildungsoptik mit den Bauteilen und Eigenschaften gemäß den Tabellen 5a bis 5c.
18. Abbildungsoptik mit den Bauteilen und Eigenschaften gemäß den Tabellen 6a bis 6c.
19. Abbildungsoptik mit den Bauteilen und Eigenschaften gemäß den Tabellen 7a bis 7c.
5 20. Abbildungsoptik mit den Bauteilen und Eigenschaften gemäß den Tabellen 8a bis 8c.
21. Abbildungsoptik mit den Bauteilen und Eigenschaften gemäß den Tabellen 9a bis 9c.

Hierzu 23 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

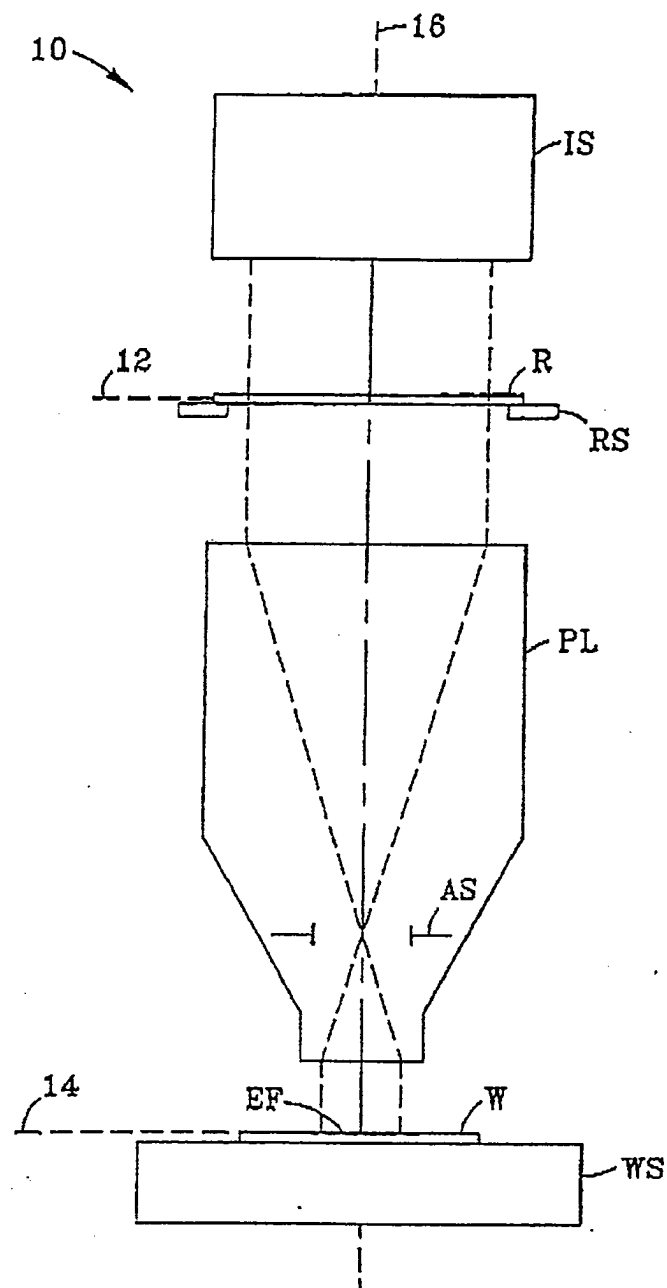


FIG. 1

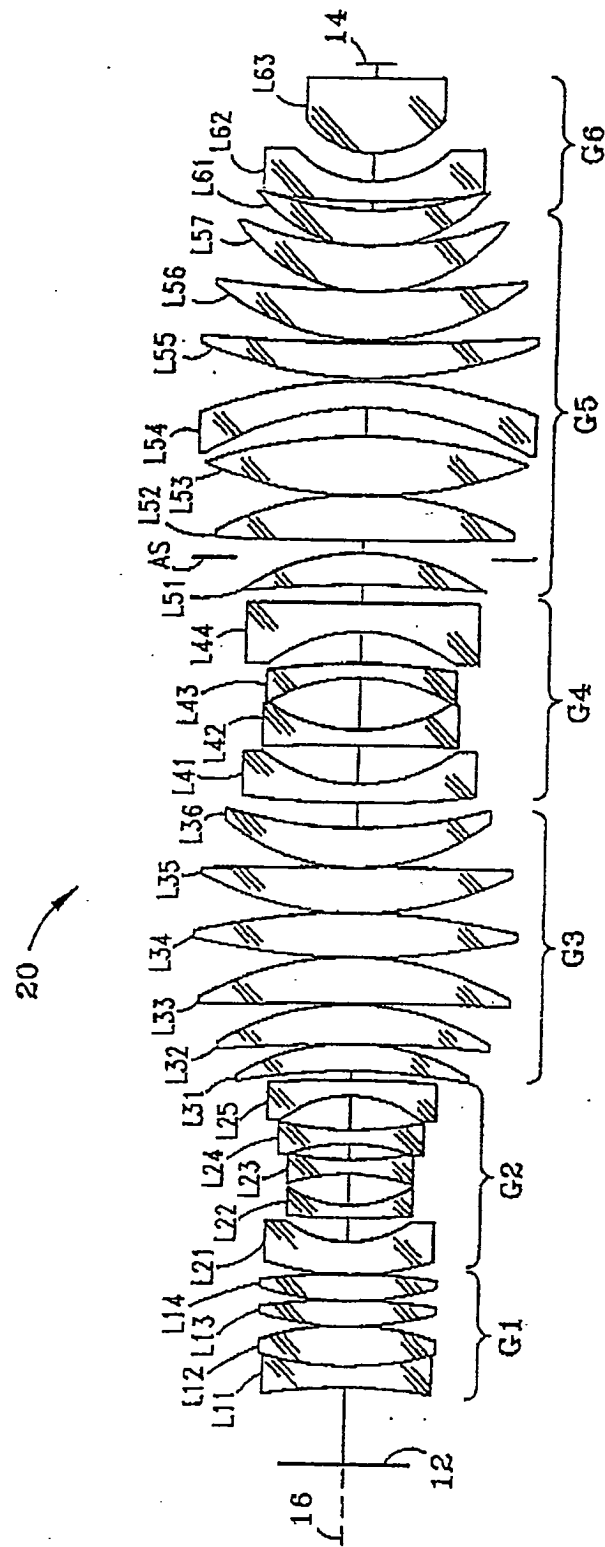
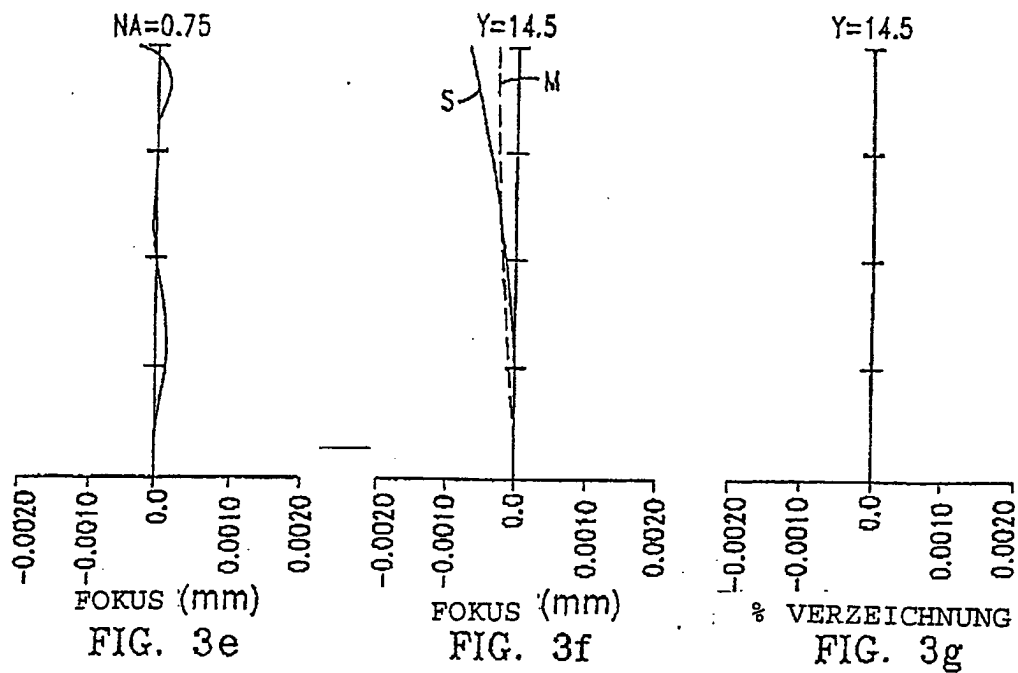
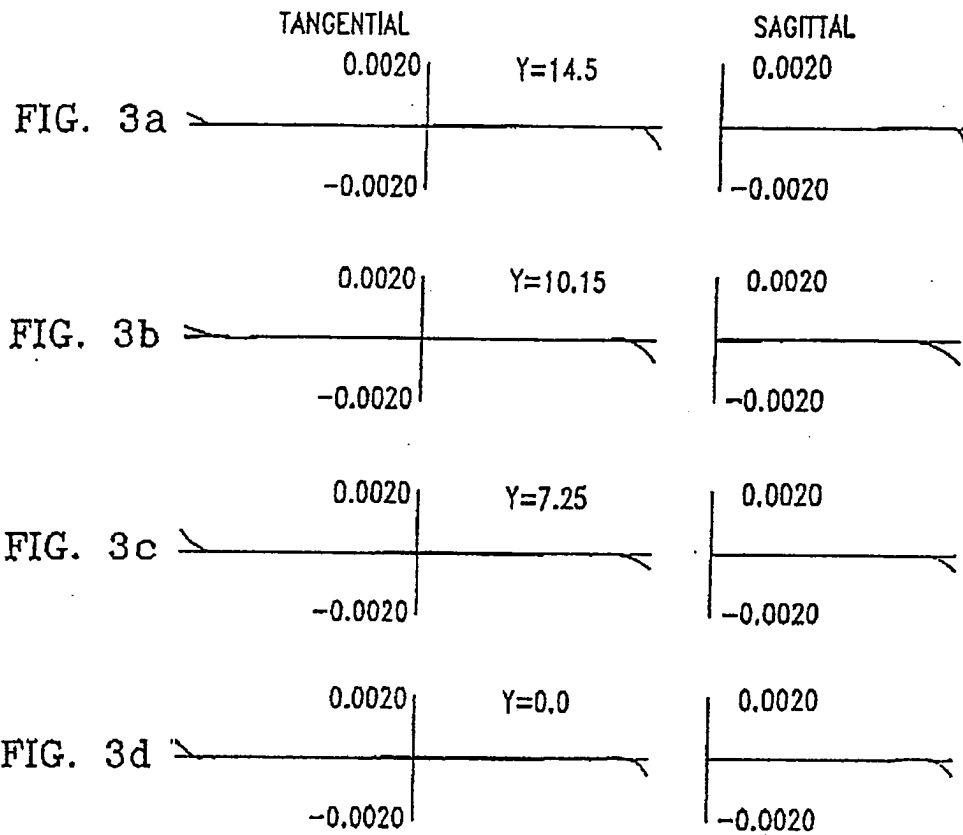


FIG. 2



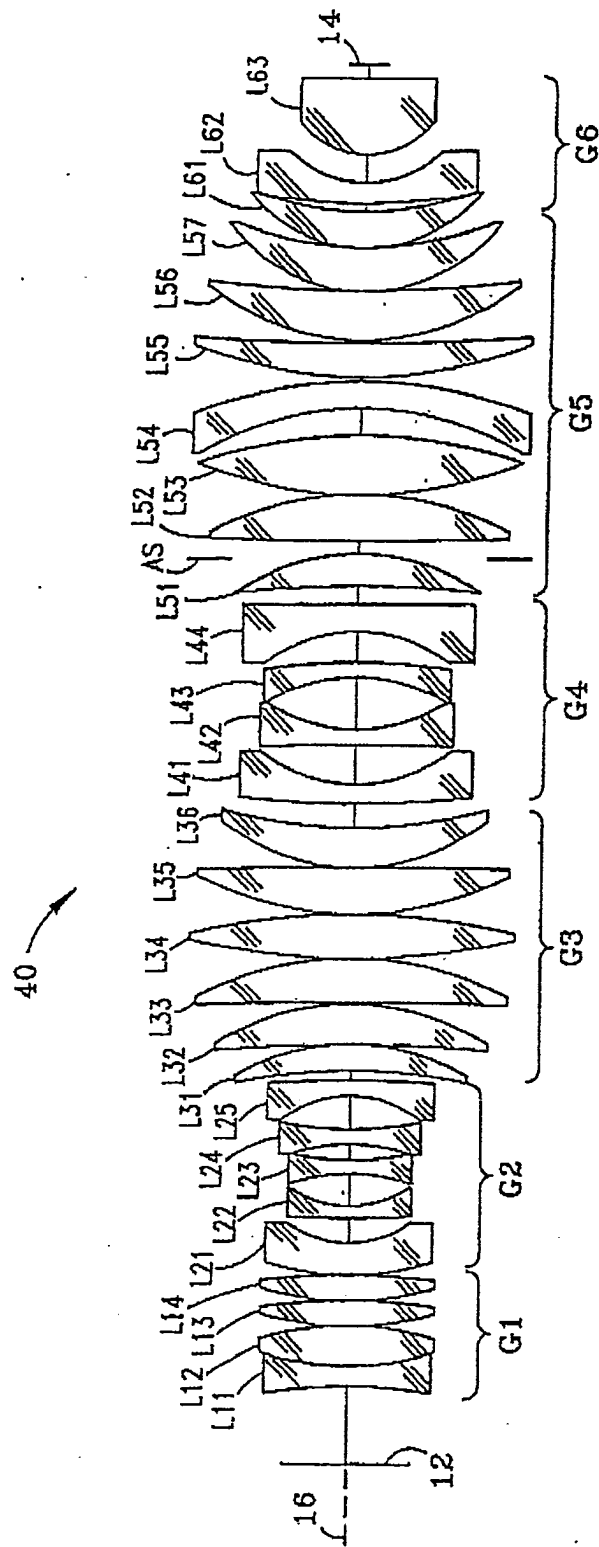
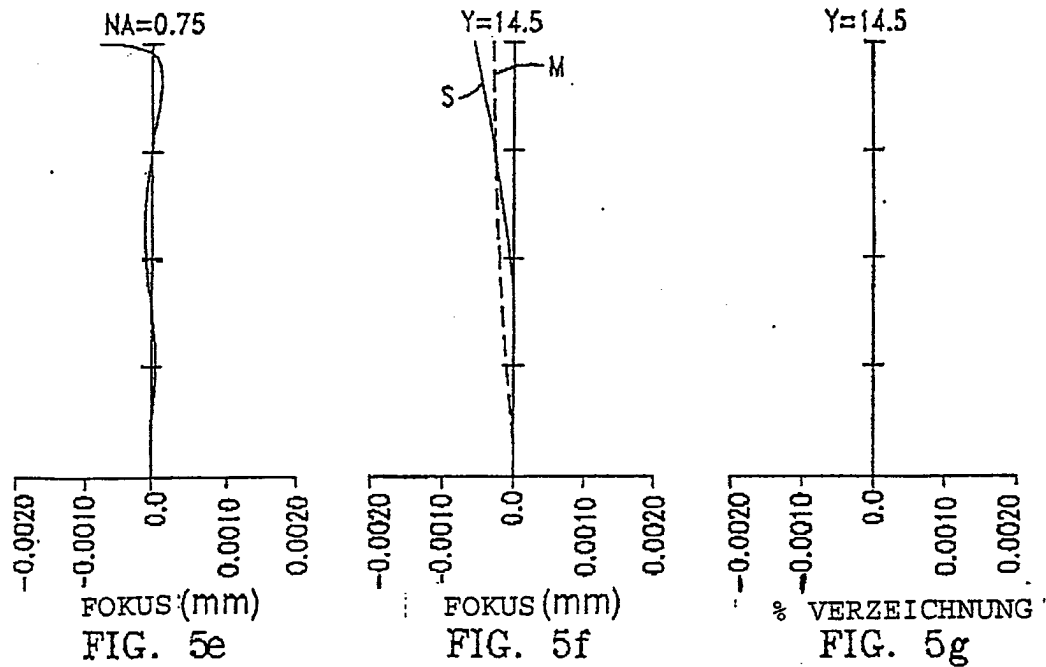
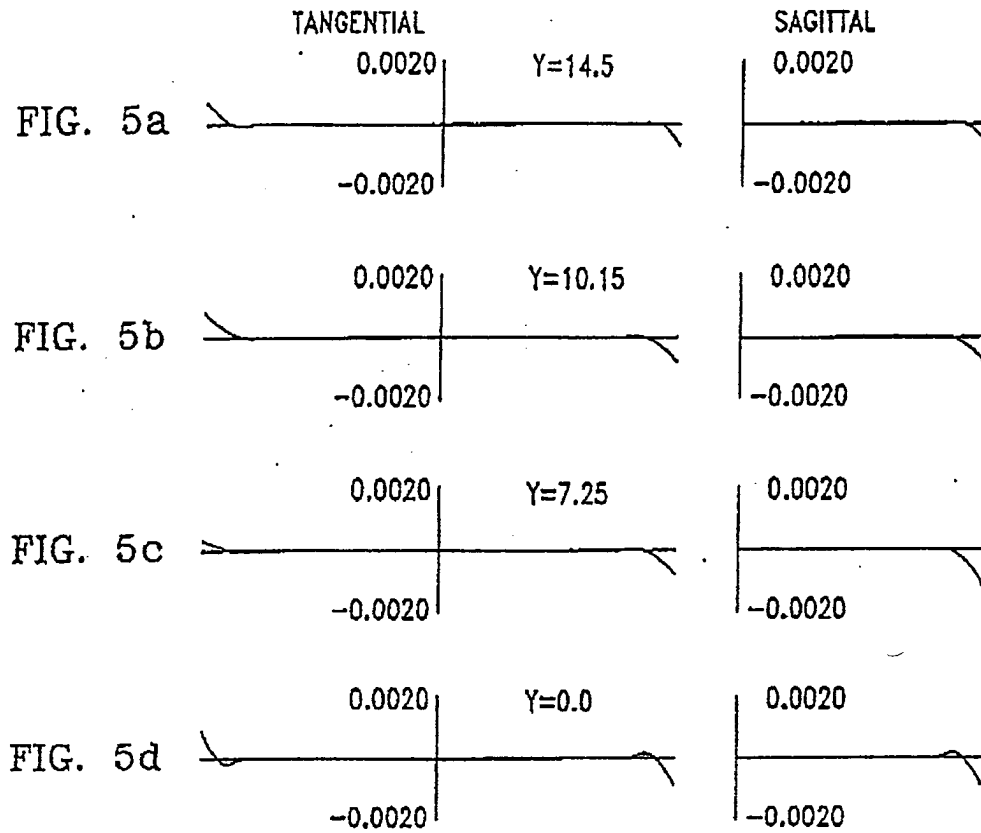


FIG. 4



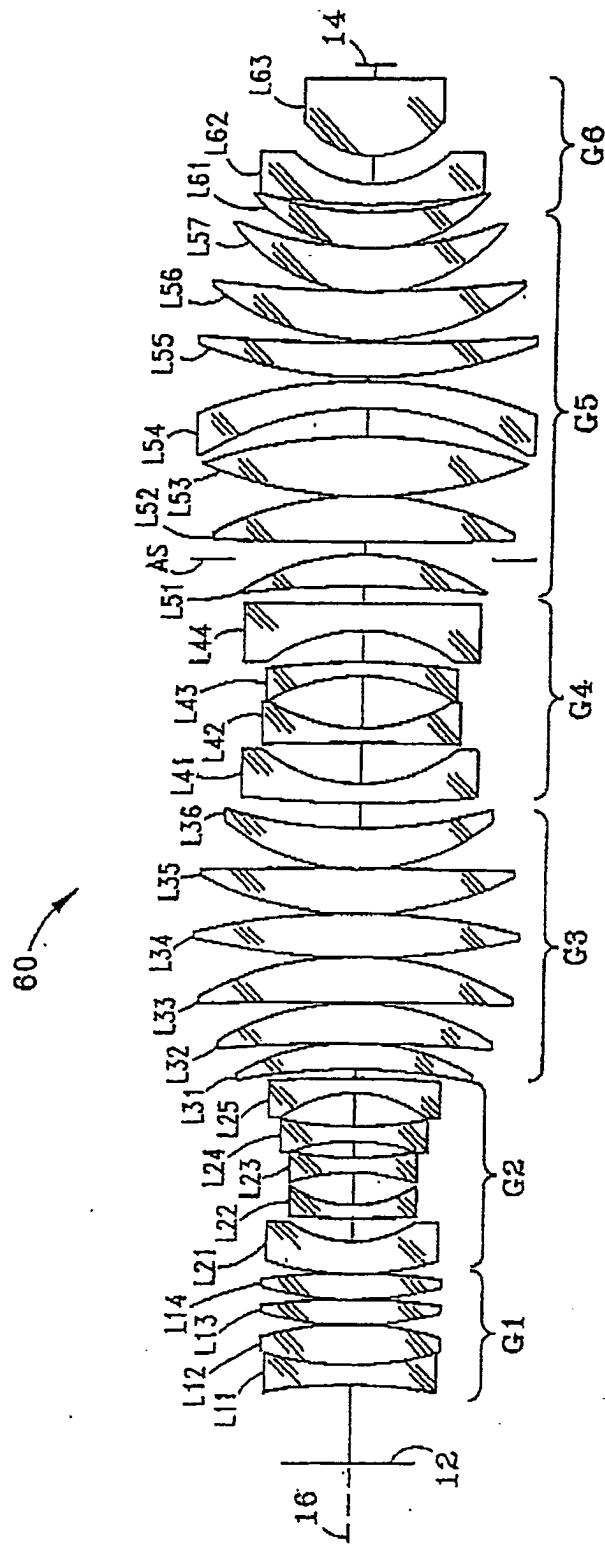
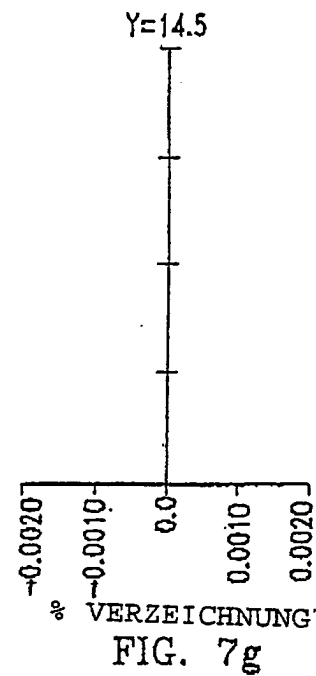
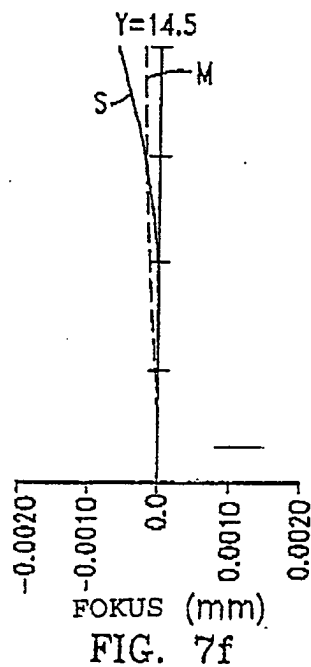
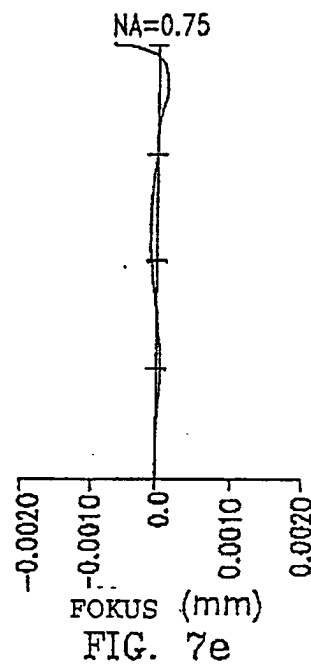
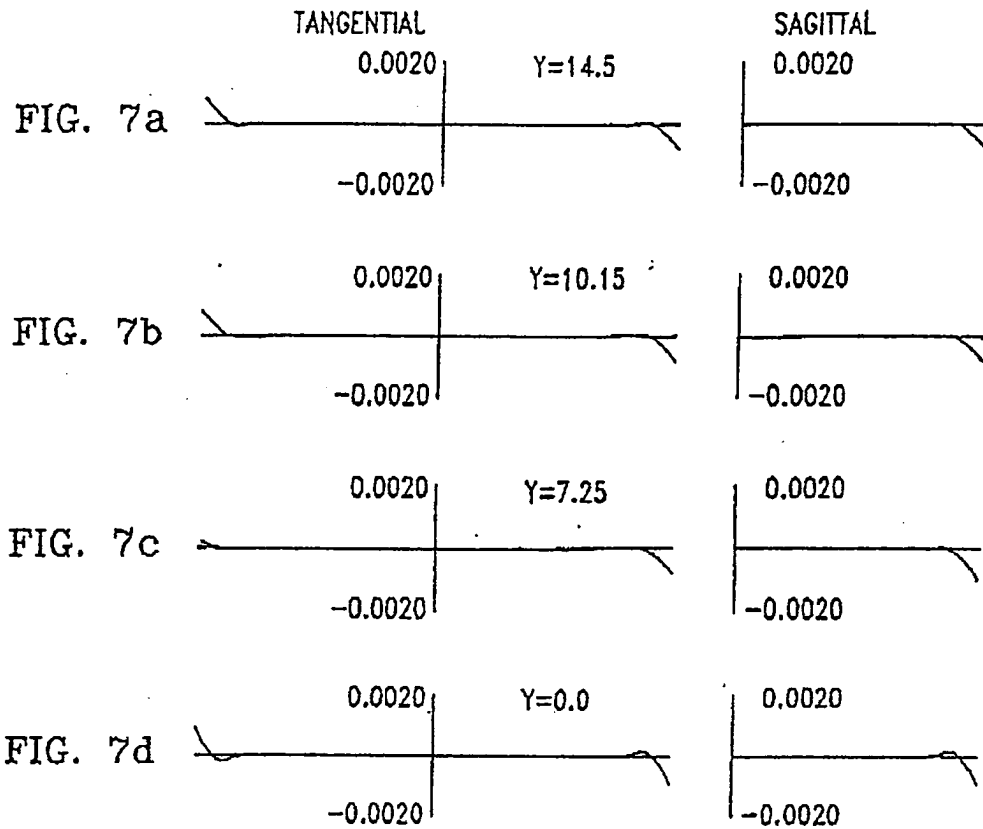


FIG. 6



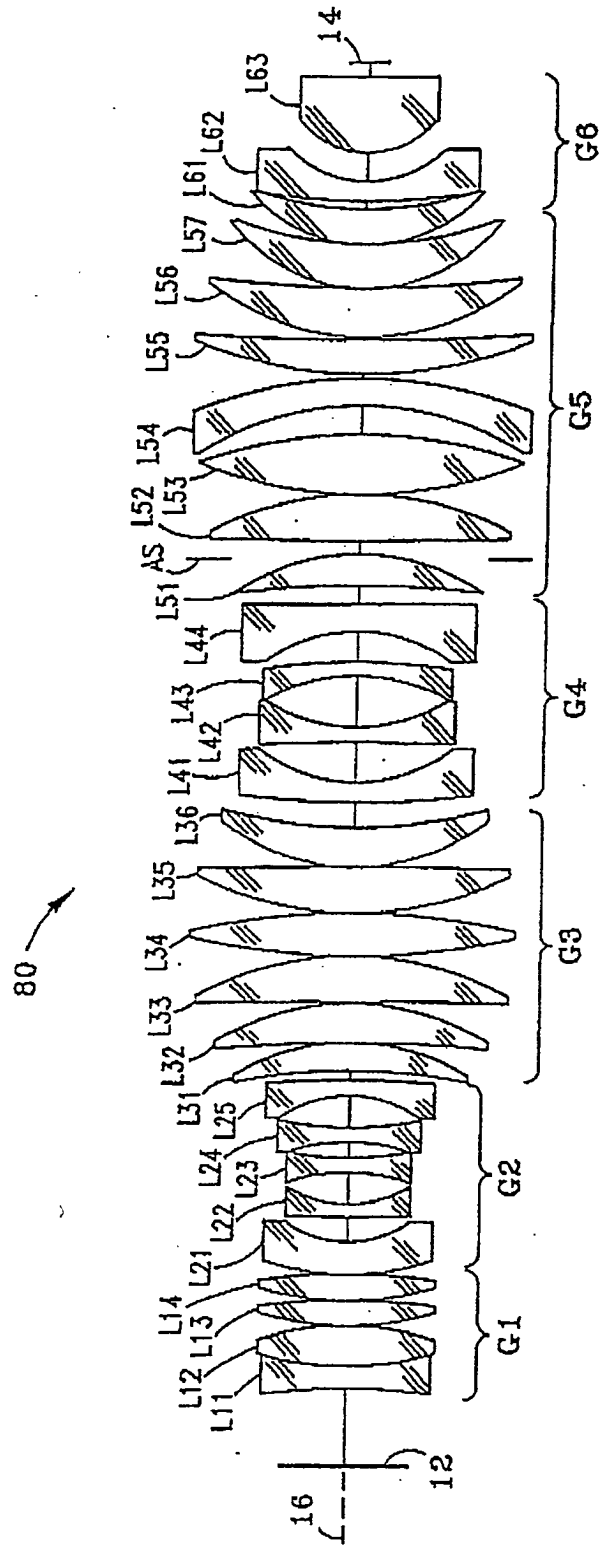
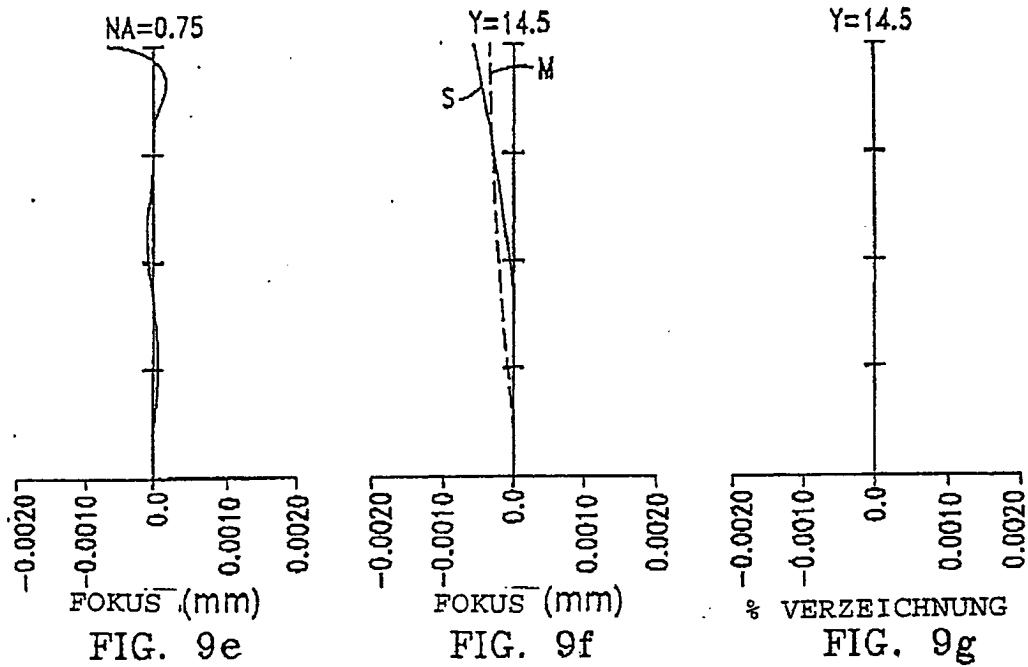
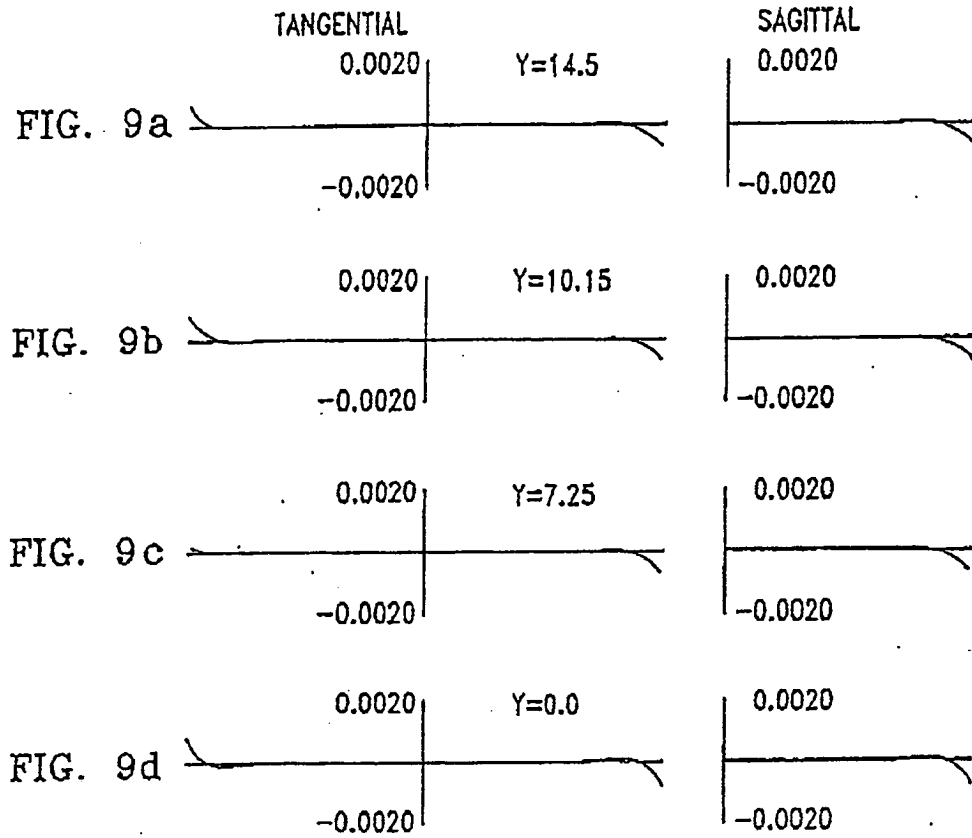


FIG. 8



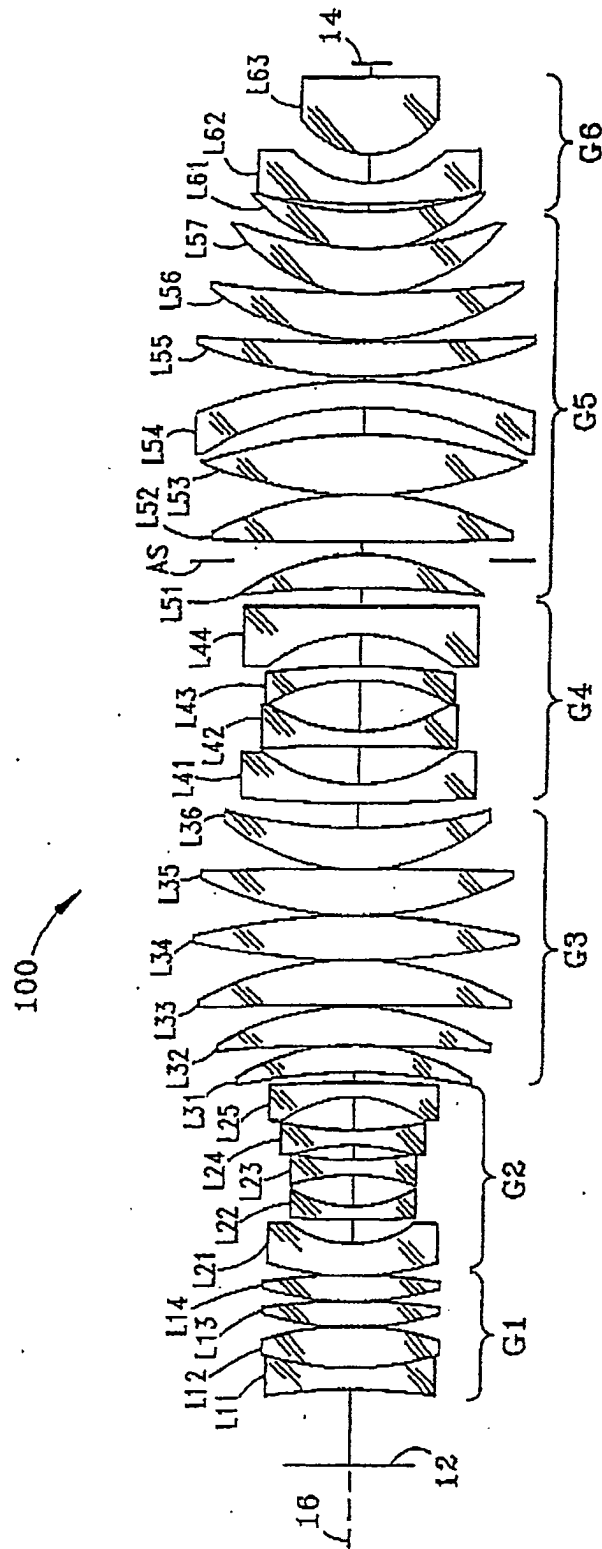
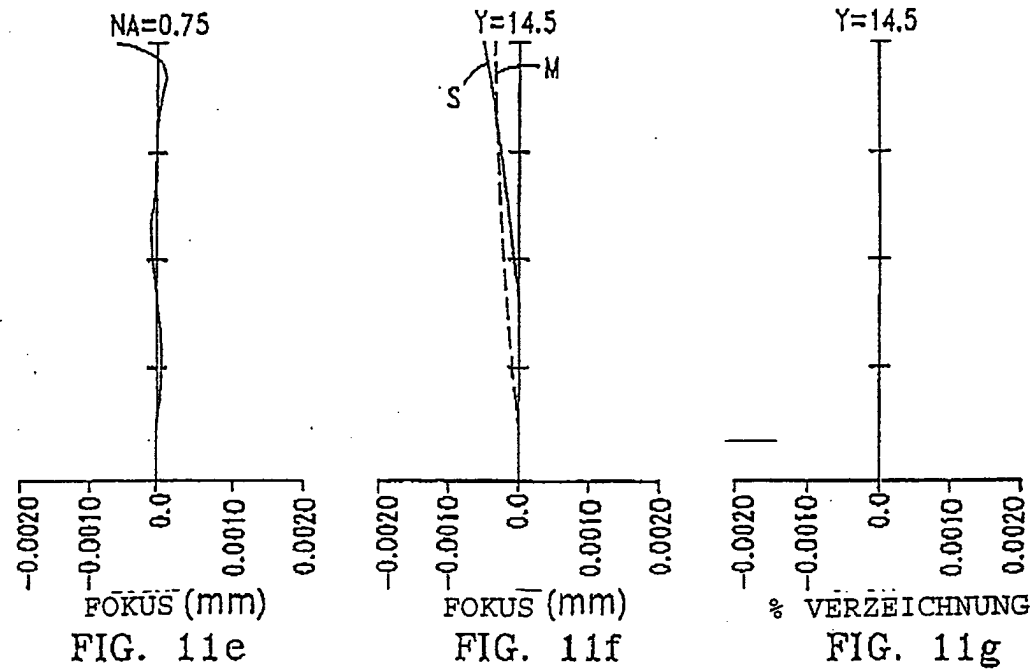
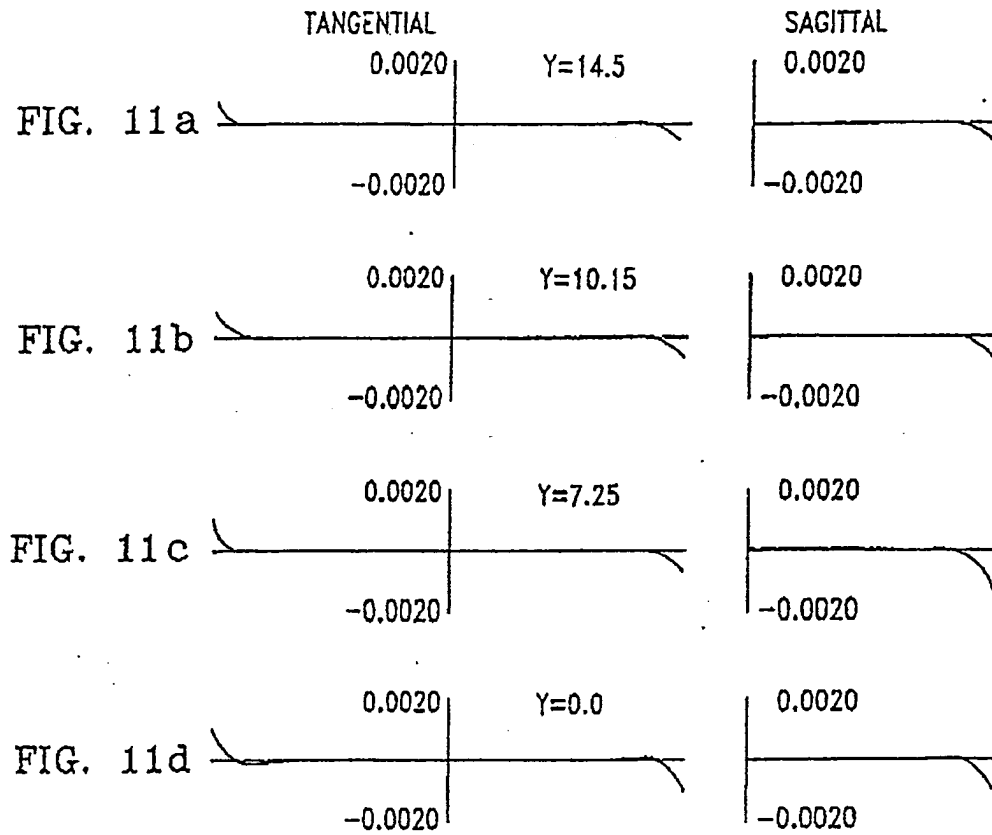


FIG. 10



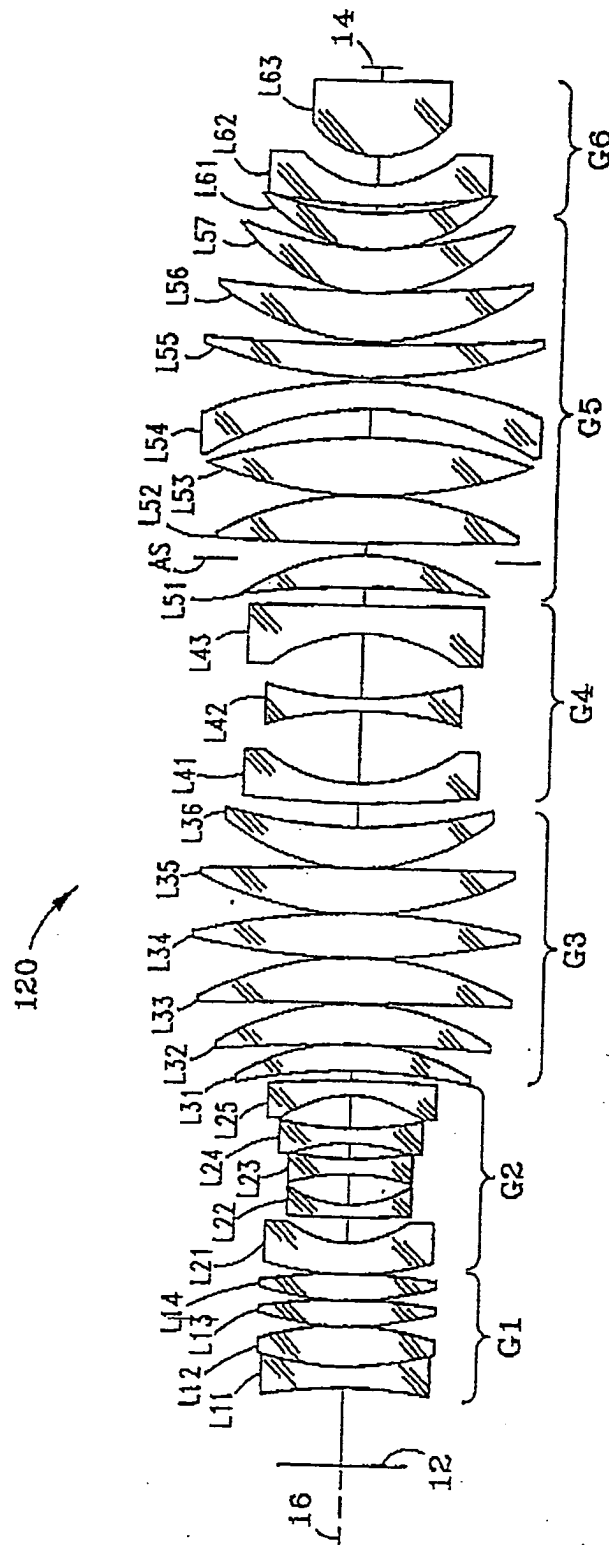
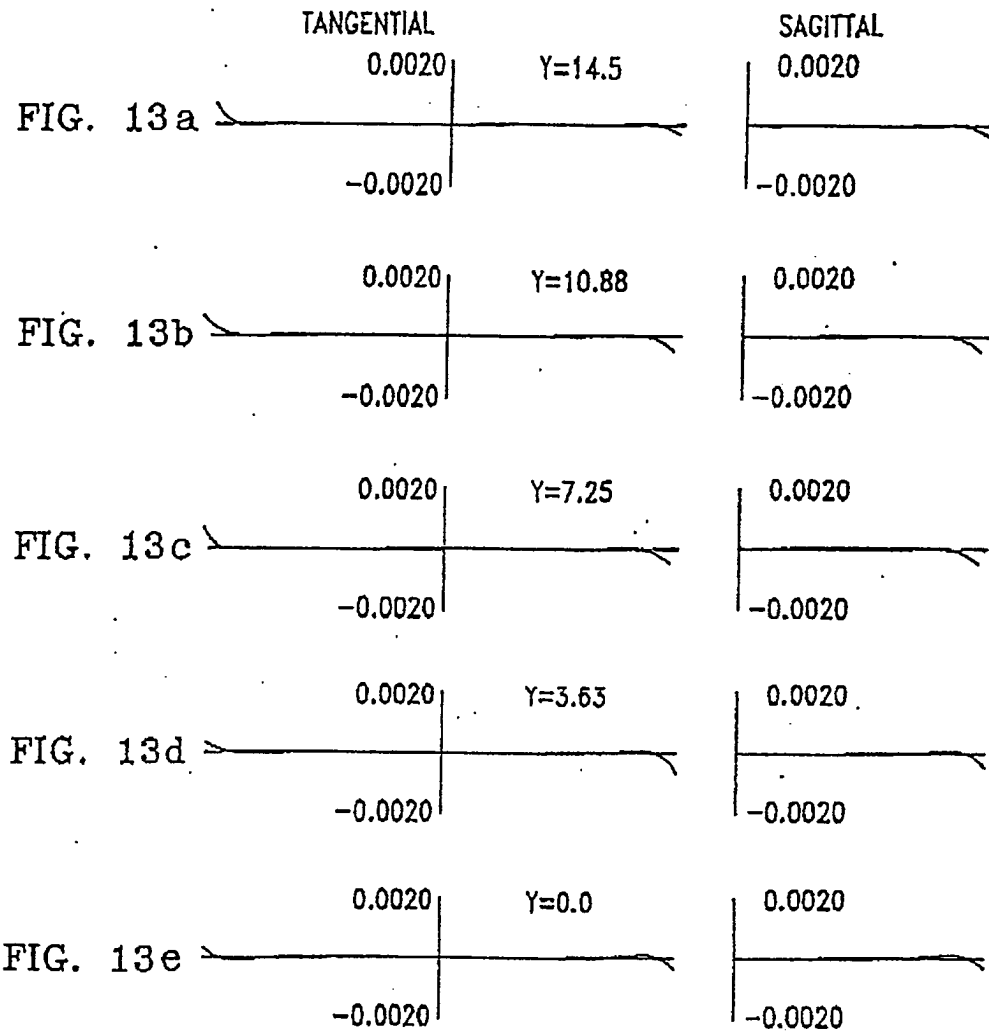


FIG. 12



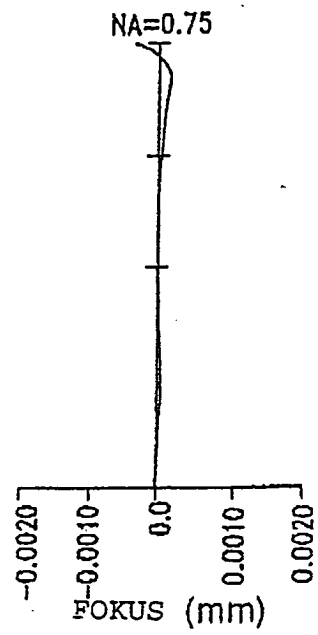


FIG. 13f

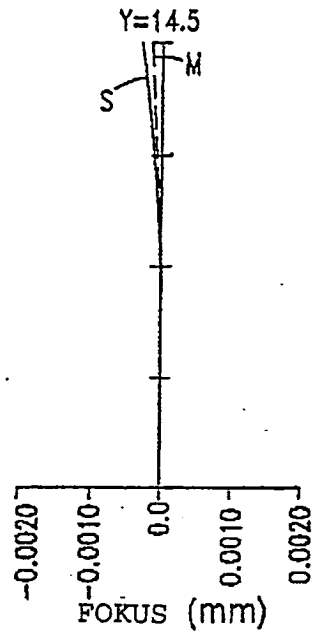


FIG. 13g

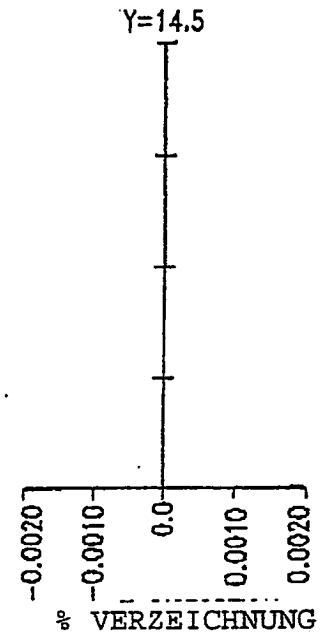


FIG. 13h

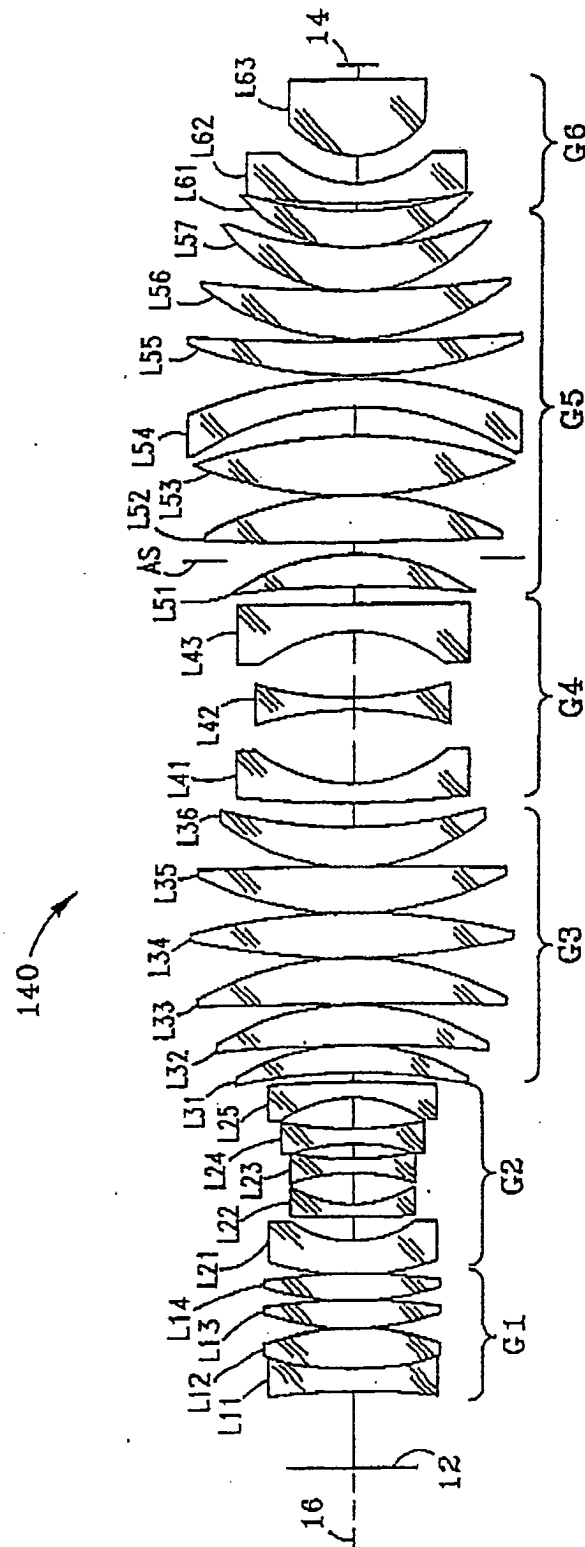
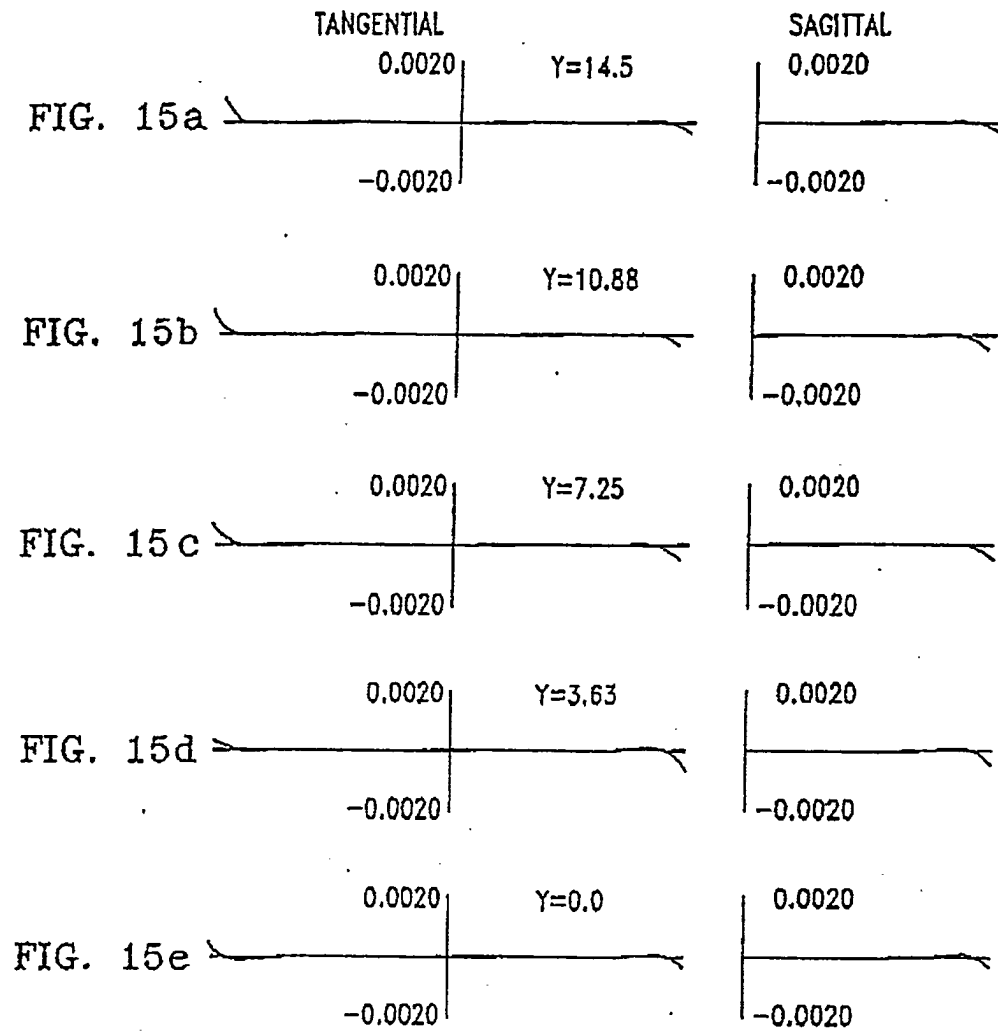


FIG. 14



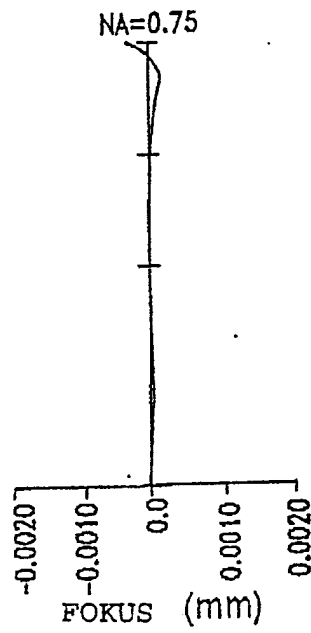


FIG. 15f

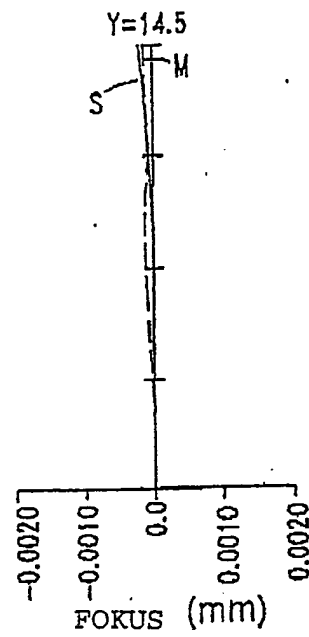


FIG. 15g

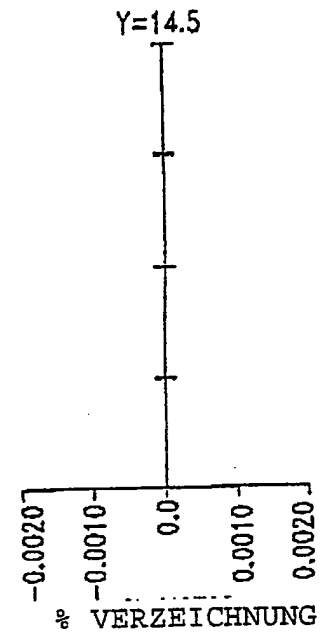


FIG. 15h

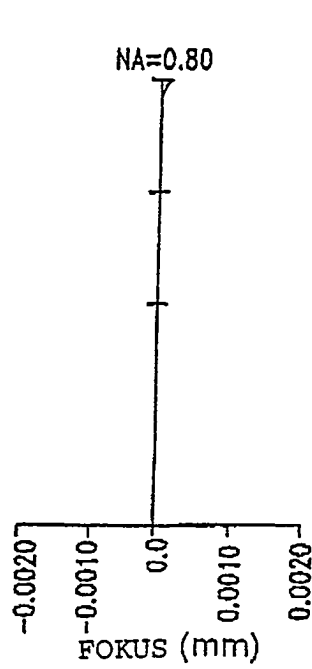


FIG. 17f

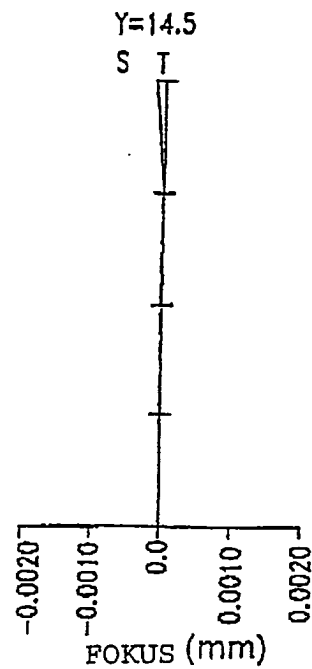


FIG. 17g

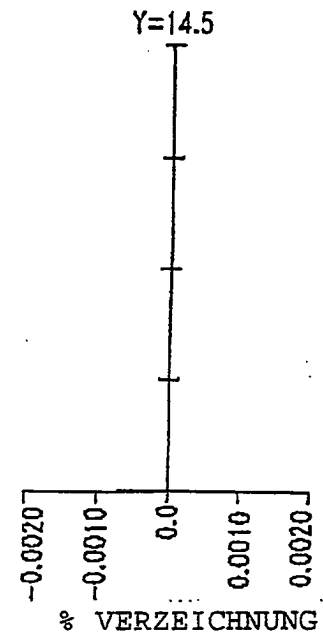


FIG. 17h

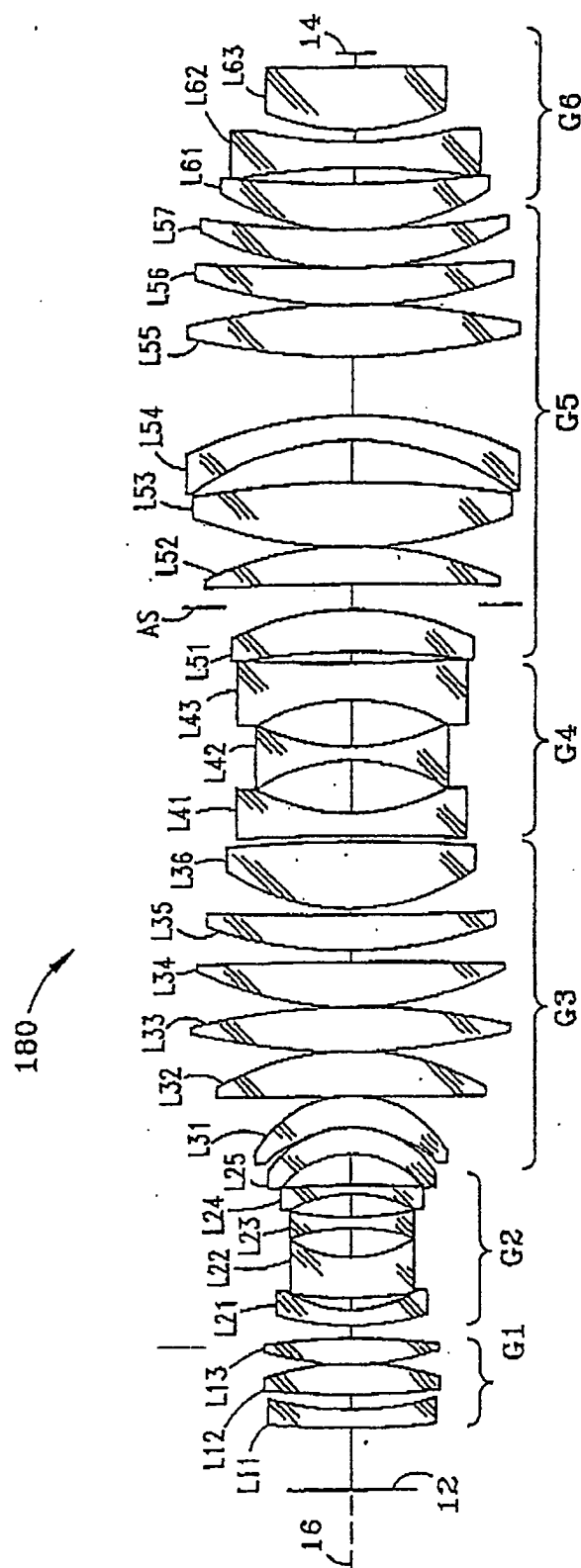
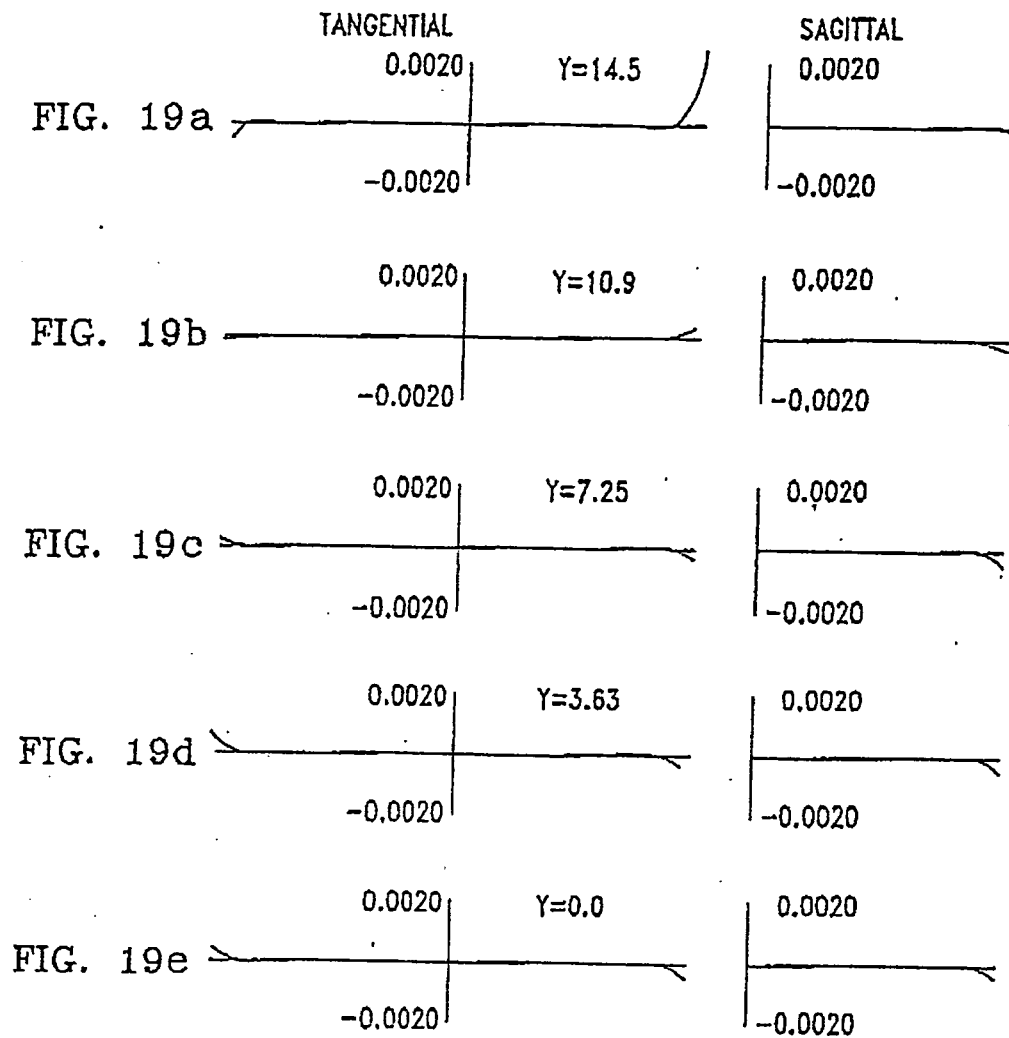


FIG. 18



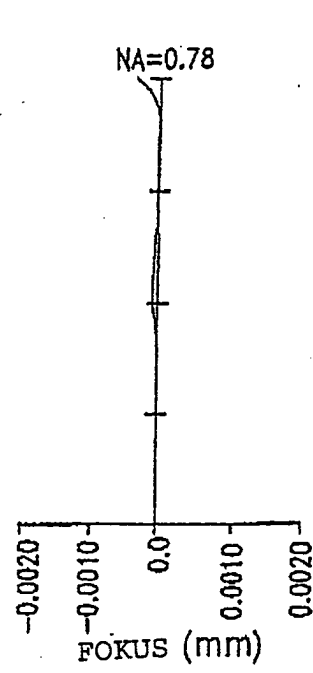


FIG. 19f

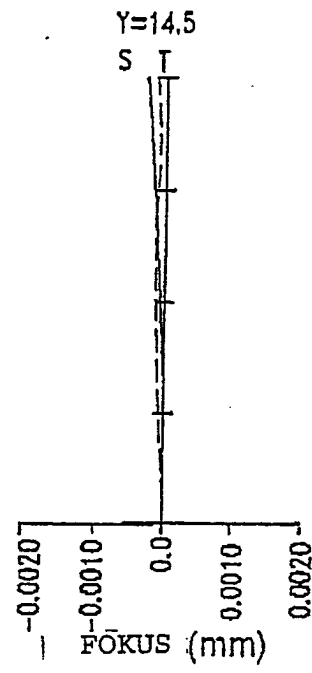


FIG. 19g

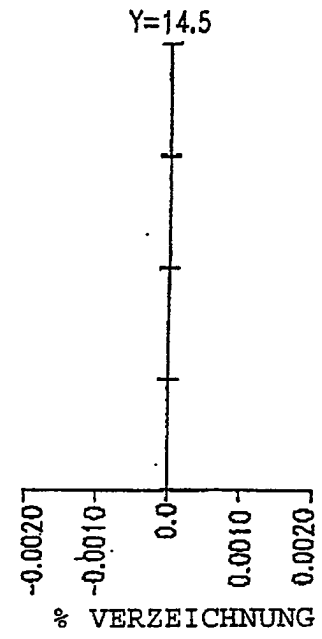


FIG. 19h